

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Навчально – науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів

«На правах рукопису»
УДК _____

До захисту допущено:
Завідувач кафедри
_____ Сергій БОЙЧЕНКО
«__» _____ 2023_р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра
за освітньо-професійною програмою «Інжиніринг інтелектуальних
електротехнічних та мехатронних комплексів»
зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

за темою: «Адаптивний гідромолот для будівництва станції метрополітену за
технологією «стіна в ґрунті»

Виконав: студент VI курсу, групи ОА-21мп

Дяченко В'ячеслав Сергійович
Науковий керівник: проф. д.т.н., доцент

Слідченко Віктор Михайлович

Консультант з розділу: _____

Посада, науковий ступінь, вчене звання,

Прізвище, ім'я, по батькові _____

Рецензент:

Посада, науковий ступінь, вчене звання,

Прізвище, ім'я, по батькові _____

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____ Дяченко В.С.

Київ – 2023 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально – науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)
Спеціальність – 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітньо-професійна програма «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Сергій БОЙЧЕНКО
«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Дяченку В'ячеславу Сергійовичу

1. Тема дисертації «Адаптивний гідромолот для будівництва станції метрополітену за технологією «стіна в ґрунті»»,
науковий керівник дисертації: Сліденко Віктор Михайлович,
д.т.н. доцент,
затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом дисертації: 16.12.23 р.

3. Об'єкт дослідження: процеси адаптивного функціонування гідромолота

4. Вихідні дані: - матеріали переддипломної практики, курсового та дипломного проектування, результати наукової роботи кафедри за зазначеною тематикою в ПАТ "Київметробуд" та "Київметрополітен"

5. Перелік завдань, які потрібно розробити:

5.1. Виконати аналіз технологічного середовища застосування адаптивного гідромолота встановленого на гідравлічному екскаваторі за технологічних умов ПАТ "Київметробуд".

5.2. Привести аналіз та виконати необхідні обґрунтування з розрахунками основних параметрів системи електропостачання будівництва станції метро відкритим способом на прикладі станції "Виставковий центр".

5.3. Провести аналіз літературних джерел, патентної інформації та виробничої інформації з мережі Інтернет за темою дисертації.

5.4. Дослідити, за матеріалами публікацій, особливості технології стіна в ґрунті"

5.5. Розробити конструкцію та обґрунтувати параметри адаптивного гідромолота (1,2 кДж) встановленого на маніпуляторі гідравлічного екскаватора.

5.6. Розробити стартап проекту за темою дисертації.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

6.1. Розробити схему комбіновану розташування адаптивного гідромолота на гідравлічному екскаваторі (формат А1).

6.2. Розробити схему електропостачання будівництва станції метро відкритим способом (формат А1).

6.3. Розробити складальне креслення адаптивного гідромолота (формат А1).

6.4. Виконати деталювання основних елементів конструкції гідромолота (формат А1)

7. Орієнтовний перелік публікацій: тези в матеріалах ІХ Міжнародної науково-технічної конференції “Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – PEMS’2023”.

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Електропостачання	Мейта О.В., доцент	10.12.23	7.01.24
Нормоконтроль	Кулаковський Л.Я., доцент	7.01.24	10.01.24

Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено наукового керівника* магістерської дисертації

9. Дата видачі завдання

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Технологічна частина : аналіз та обґрунтування технологічних умов застосування гідравлічного екскаватора з гідромолотом при будівництва станції відкритим способом ”Виставковий центр”	28.10.23	≈20 стор. тексту
2.	Розробка схеми комбінованої розташування обладнання при побудові станції метро за технологією ”стіна в ґрунті” на прикладі станції ”Виставковий центр”	03.11.23	Формат А1
3.	Аналіз інформації та визначення конструкції адаптивного гідромолота на маніпуляторі гідравлічного екскаватора	05.11.23	≈20 стор. тексту
4.	Дослідження функціонування та встановлення основних залежностей енергії удару адаптивного гідромолота від геометричних характеристик пневмоаккумулятора	10.11.23	≈20 стор. тексту

5.	Участь в IX Міжнародній конференції «Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – PEMS'23»	до 15 листопада 2023 р.	реєстрація, подача тез
		до 17 листопада 2023 р	повідомлення про включення
		22 – 24 листопада	участь в конференції
6.	Електропостачання ділянки станції метрополітену при її будівництві відкритим способом з розрахунком основних параметрів	25.11.23	≈20 стор. тексту
7.	Розробка схеми електричної принципової станції метрополітену при її будівництві відкритим способом	01.12.23	Формат А1
8.	Розробка мехатронної системи адаптивного керування гідромолотом.	05.12.23	≈20 стор. тексту
9.	Розробка складального креслення адаптивного гідромолота	08.12.23	Формат А1
10.	Розробка креслень основних деталей	10.12.23	Формат А1
11	Розробка стартапу впровадження результатів дисертаційної роботи	15.12.23	≈20 стор. тексту
12	Підготовка документів необхідних для захисту дисертації	16.12.23	

Студент

В'ячеслав ДЯЧЕНКО

Науковий керівник

Віктор СЛІДЕНКО

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1 Технологічна частина.....	10
1.1. Будівництво станції метрополітену відкритим способом.....	10
1.2. Особливості технології ”стіна в ґрунті”	12
1.3. Механізми і машини, які застосовувались при будівництві станції “Виставковий центр”	16
Висновки за розділом.....	19
2 Характеристика електропостачання на підприємстві.....	20
2.1 Аналіз технологічних умов та вимог до освітлення.....	20
2.2 Розрахунок електричних навантажень.....	20
2.3 Розрахунок електричних мереж.....	23
2.4 Вибір перетину провідників і жил кабелів за нагрівом.....	25
2.5. Розрахунок струмів КЗ.....	26
2.6. Розрахунок струмів КЗ в мережах напруги понад 1000 В.....	32
2.7. Вибір електричних апаратів.....	33
Висновки за розділом.....	37
3. Розробка конструкції адаптивного гідромолота.....	38
3.1 Аналіз науково- технічної літератури та патентів.....	38
3.2 Ідентифікація конструкції з описом модернізації.....	43
3.3 Елементи системи адаптації: датчики тиску та переміщення.....	47
Висновки за розділом	49
4. Дослідження функціонування адаптивного гідромолота та обґрунтування його параметрів.....	50
4.1 Циклограма функціонування адаптивного гідромолота.	50
4.2. Параметризація камери пневмоакумулятора адаптивного гідромолота.....	55
4.3. Дослідження впливу модуля адаптації на енергію зарядки.....	58
Висновки за розділом	62
5 Розробка стартап проекту “адаптивний гідромолот”	63

5.1. Актуальність розроблення системи.....	63
5.2 Аналіз конкурентного середовища.....	63.
5.3. Обґрунтування ресурсного забезпечення проєкту.....	64
5.4. Види діяльності та партнери.....	65
5.5. Витрати на оплату праці.....	67
5.6. Обґрунтування вартості задіяних основних фондів та амортизаційних відрахувань.....	67
5.7. Інші прямі витрати.....	68
5.8. Умовно-змінні витрати.....	68
5.9. Умовно-постійні витрати.....	69
5.10. Собівартість інноваційної ідеї стартап-проєкту.....	69
5.11. Визначення рівня прибутковості.....	69
5.12. Обґрунтування вартості виробництва інноваційної техніки (технології).....	70
5.13. Цільові групи потенційних споживачів.....	70.
5.14. Бізнес-модель проєкту (обладнання, технології).....	71
Висновки за розділом.....	72
Загальні висновки.....	73
Список літератури.....	76
ДОДАТКИ.....	78

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

А – ампер.

В – вольт.

Гн – генрі.

год – годин.

грн – гривні.

Гц - герц.

кВА – кіловольт-ампер.

кВАр – кіловольт-ампер реактивний

кВт – кіловат.

кг – кілограми.

кДж – кілоджоулі.

КЗ – коротке замикання.

Лм – люмен.

м – метри.

мм – міліметри.

МПа – мегапаскаль.

Н – ньютон.

Ом – оми.

рад – радіан.

с – секунд.

т – тони.

тис – тисяч.

хв – хвилини.

шт – штук.

ВСТУП

Об'єкт дослідження – процеси адаптивного функціонування гідромолота.

Предмет дослідження – процес адаптації енергетичного вузла гідромолота (пневмоакумулятора) до умов робочого середовища.

Мета роботи – розробка та обґрунтування параметрів пневмоакумулятора гідромолота до умов робочого середовища з автоматичним керуванням програмованим логічним контролером електрогідроприводу за показаннями цифрового датчику переміщення інструменту гідромолота в залежності від опору ґрунта.

Наукова ідея – адаптація енергетичних параметрів акумулятора до змінних характеристик міцності робочого середовища шляхом керованої зміни об'єму пневмокамери та відповідно – зміни початкового тиску її зарядки.

Задачі

1. Обґрунтувати застосування комплексу механізації та автоматизації для будівництва станції метро «Виставковий центр» відкритим способом з застосуванням екскаватора з гідромолотом.

2. Обґрунтувати комплекс електропостачання, розрахувати основні енергетичні показники та обрати захисну апаратуру.

3. Запропонувати конструкцію пневмоакумулятора гідромолота з можливістю керованої зміни її об'єму.

4. Дослідити залежність енергії удару гідромолота від зміни об'єму камери пневмоакумулятора.

5. Побудувати графіки залежності ступеню стиснення газу та енергії удару від зміни ходу поршня модулю адаптації.

6. Розробити СТАРТАП проект.

Актуальність теми:

Підвищення продуктивності виконання робіт при спорудженні станції метро відкритим способом з застосуванням енергоефективного адаптивного гідромолота.

Наукова новизна отриманих результатів:

- вперше синтезовано енергетичну циклограму для відображення функціонування адаптивного гідромолота;
- вперше встановлено залежності ступеню стиснення газу та енергії зарядки пневмоакумулятора від ходу поршня блоку адаптації.

Практичне застосування отриманих результатів: розроблений адаптивний гідромолот відноситься до видобувної, будівельної, військової та інших промисловостей і може бути використаний для проведення гірничих та будівельних робіт як підземних так і відкритих.

Метод дослідження – аналітичні дослідження і розрахунки характеристик гідромолота та системи адаптації до умов робочого середовища.

Прогнозні припущення про розвиток об'єкту дослідження – підвищення ефективності проведення земляних робіт при будівництві та видобутку корисних копалин.

При роботі гірничих машин однією з поширених проблем є не достатньо прогнозована зміна характеристик робочого середовища. Найбільше вона проявляється при застосуванні ударних виконавчих органів – гідромолотів, оскільки при перевищенні енергії удару її надлишкова частина направлена на руйнування корпусу гідромолота і на негативний вплив на робоче обладнання та оператора за рахунок збільшення реакції віддачі. Тому застосування робочих механізмів та ударних машин з керованою енергією удару, яка залежить від технологічних характеристик робочого середовища і не перевищує прогнозованих норм надійності і безпеки є актуальною задачею.

1 Технологічна частина

1.1. Будівництво станції метрополітену відкритим способом

КП «Київський метрополітен» проводив будівництво нових станцій Куренівсько-Червоноармійської лінії Київського метрополітену - «Деміївська», «Голосіївська», а також «Васильківська» «Виставковий центр» та інші цієї лінії в напрямку Теремків відкритим способом [1],

Для гідроізоляції залізобетонних і бетонних конструкцій цих станцій застосовувалися матеріали з нової модифікованої латексом бітумної емульсії.

За інформацією «Київського метрополітену», будівництво об'єкту виконувалося у щільній міській забудові, де пролягає велика кількість інженерних комунікацій, в надзвичайно складних інженерно-геологічних і гідрогеологічних умовах залягання ґрунтів [2]. При будівництві ділянки Куренівсько-Червоноармійської лінії фахівці ВАТ «Київметробуд» використовували передові методи будівництва, нове устаткування і механізми.

Окрім цього, застосовувалися спеціальні методи стабілізації ґрунтового масиву – хімзакріплення, водозниження і огороження котлованів за допомогою струменевої цементації ґрунту. У перегінних тунелях, розташованих на відстані менш як 40 м від житлової забудови, для зменшення впливу шуму і вібрації від руху потягів метрополітену влаштована лежнева конструкція колії.

На ділянці перегінного тунелю від станції «Голосіївська» до станції «Васильківська» виконано експериментальну віброзахисну конструкцію верхньої будови колії на рейкових блокових опорах. Головною ознакою створеної експериментальної конструкції, що складається з різних варіантів збірних блокових опор з ізоляцією з поліуретанової смоли, є досягнення ефективної віброізоляції і зменшення шумів [3]. Як відзначають в метрополітені, після досягнення очікуваних позитивних результатів за показниками шуму і вібрацій зазначена конструкція буде застосована на перспективних лініях метрополітену, що зробить більш комфортним перевезення пасажирів.

Для ефективного проведення будівництва станцій відкритим способом враховуються умови та характеристики ґрунтів та гірських порід в м. Києві за класифікацією табл. 1 , та табл.2 [3, 4], де стійкість гірських порід у вибої в процесі проходки виробок оцінюється коефіцієнтом міцності f (за шкалою проф. Протодьяконова).

Таблиця 1 – Орієнтовні значення коефіцієнта міцності нескельних ґрунтів (за дослідними даними)

Вид нескельних ґрунтів у перерізі та в покрівлі виробки	Коефіцієнт міцності f ґрунту	
	необводненого	обводненого
Глина тверда сланцювата, аргелітоподібна, мергелиста (спондилова) тощо	1	1
Глина тверда з рідкими прошарками і лінзами пісків	0,9	0,9
Великоуламковий ґрунт з супіщано-піщаним заповнювачем, щільний, глина твердої і напівтвердої консистенції, місцями тріщинувата, суглинок твердий	0,8	0,7
Глина і суглинок напівтвердої і тугопластичної консистенції з частими прошаркам і лінзами пісків	0,7	0,6
Пісок щільний і середньої щільності, супіщано-суглинистий ґрунт	0,6	0,4

Таблиця.2 – Коефіцієнт впливу тріщинуватості масиву залежно від тимчасового опору ґрунту в зразку одноосового стиску

Категорія масиву скельних ґрунтів за ступенем тріщинуватості	Коефіцієнт, що враховує вплив тріщинуватості масиву від тимчасового опору одноосовому стиску у зразку, МПа				
	10	20	40	80	160
I – практично нетріщинуваті	1,7	1,4	1,2	1,1	1
II – малотріщинуваті	1,4	1,2	1	0,9	0,8
III – тріщинуваті	1,2	0,9	0,7	0,6	0,5
IV – сильнотріщинуваті	0,9	0,7	0,5	0,4	0,3
V – роздроблені (розбірна скеля)	0,7	0,4	0,3	0,2	0,1

Виходячи з аналізу наведених даних, для руйнування ґрунтів з коефіцієнтом міцності $f=1$ ($\sigma=10$ МПа) (табл.1) та за скельних ґрунтів, які зустрічаються у вигляді валунів з коефіцієнтом міцності до $f=16$ ($\sigma=160$ МПа) (табл. 2), а також враховуючи промерзання ґрунтів до значення $C > 100$ (за числом ударів ударника ДорНДІ) [4] для підвищення продуктивності доцільне засто-

сування ударного пристрою - гідромолота, який адекватно реагує на змінні характеристики вибою.

1.2. Особливості технології "стіна в ґрунті"

Особливість способу будови станції метрополітену відкритим способом полягає в тому, що під захистом глинистої (тиксотропної) суспензії (розчину) утворюють вузьку траншею з вертикальними стінками, а потім заповнюють її бетоном, залізобетоном або збірним залізобетоном. При впровадженні цієї технології в ґрунті розробляють траншеї різної конфігурації, в яких зводять огорожувальні конструкції підземної споруди з монолітного або збірного залізобетону, потім під захистом цих конструкцій розробляють внутрішнє ґрунтове ядро, влаштовують днище і споруджують внутрішні конструкції [6].

Послідовність операцій при зведенні "стіни в ґрунті" наступний [7].

По периметру майбутнього котловану споруджується монолітна залізобетонна напрямна стінка - форшахта. Вона забезпечує проектну необхідну точність спорудження стіни в ґрунті й запобігає обваленню ґрунту у верхній частині траншеї. Розробляється траншея під стіну в ґрунті. Розробка проводиться двохщелепним гідравлічним грейфером. При розробці ґрунту траншея заповнюється бентонітовим розчином, який запобігає обваленню стінок. В середній частині проводяться роботи по руйнуванню і транспортуванню ґрунта землерийною технікою.

Крім будівництва станції метрополітену відкритим способом, застосування технології "Стіна в ґрунті" надає можливість в основному на великій глибині зводити конструкції торговельних комплексів, об'єктів побутового обслуговування, автостоянок, складів, транспортних і інженерних тунелів і колекторів [8].

Застосовують кілька різновидів технології «стіна в ґрунті»: *фундамент*, коли захисна конструкція утворюється з суцільного ряду вертикальних буронабивних палей; *траншейний* - виконується суцільною стіною з монолітного бетону або збірних залізобетонних елементів (рис.1.1).

З використанням технології «стіна в ґрунті» можна споруджувати: проти-профільні завіси; тунелі мілкового закладення для метро; підземні гаражі, пере-ходи і розв'язки на автомобільних дорогах; ємності для зберігання рідини і ві-дстійники; фундаменти житлових і промислових будівель.



Рисунок 1.2 – Розробка траншеї грейферною установкою

На рис.1.2 наведена схема кріплення стіни в ґрунті ґрунтовими анкерами ін'єкційного типу.

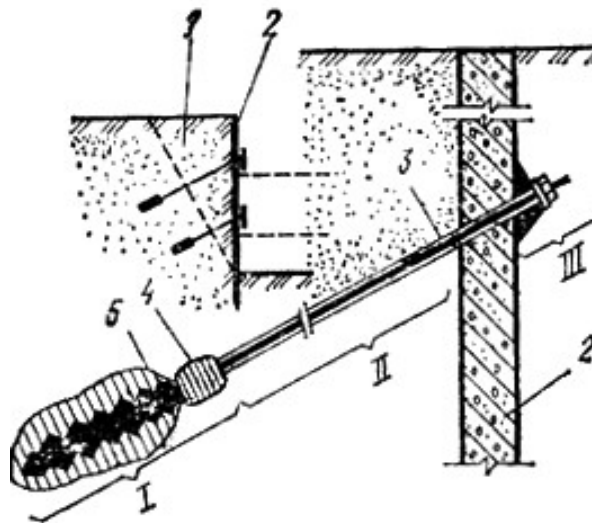


Рис. 1. 2. Кріплення стіни в ґрунті ґрунтовими анкерами ін'єкційного типу: 1 - призма обвалення; 2 - стіна в ґрунті (залізобетон); 3 - тяж анкера (трос); 4 - гумовий пакер (ущільнювач); 5 - йорж (активна частина анкера); I - закладення (активна частина); II - пасивна частина; III - натяжний (стопорне) пристрій (пунктирні лінії - глибина розробки ґрунту в котловані перед установкою чер-гового анкера)

Траншеї-щілини розробляються сухим способом в разі глинистих ґрунтів з невисоким показником плинності, на невелику глибину - до 7 м. У решті випадків при проходці їх заповнюють тиксотропними суспензіями, які і утримують стінки зрізу від обвалення. Після цього тиксотропні суспензії замінюють спеціальними матеріалами: бетоном, різними сумішами, збірними елементами, які утворюють в ґрунті несучі і не несучі конструкції.

На рис. 1.3 відображені основні технологічні операції реалізації технології “стіна в ґрунті”

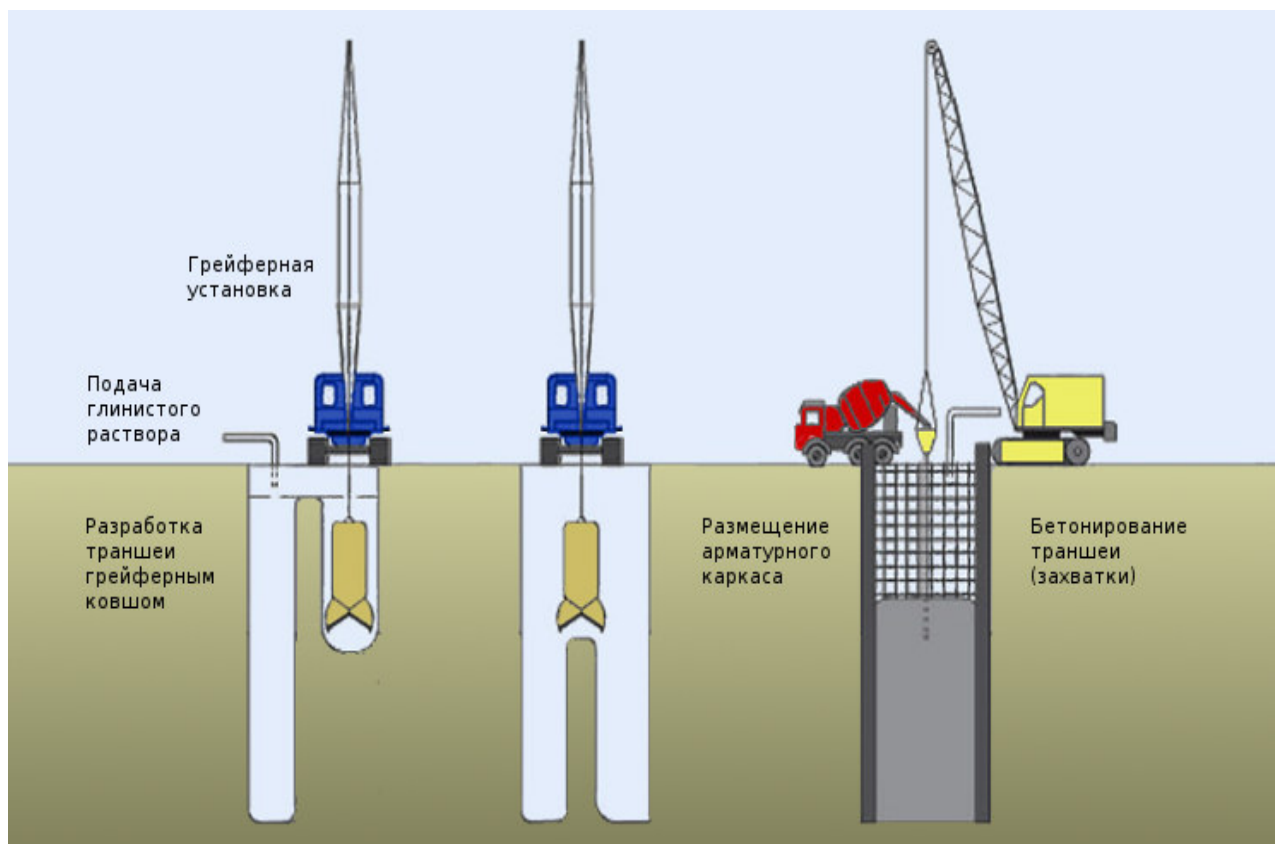


Рисунок 1.3 – Основні технологічні операції реалізації технології “стіна в ґрунті”

Після зведення бокових панелей проводяться роботи, необхідні для будівництва станції метрополітену (рис.1.4).

Такий метод найбільш прийнятний при зведенні фундаментів поблизу існуючих будівель, так як при цьому виключаються динамічні впливи на ґрунт (як при забиванні паль), забезпечуються мінімальні притоки води в котлован (то-

му не потрібно виконувати глибинне водозниження, небезпечне для оточуючих будівель) і гарантується стійкість ґрунтів існуючих фундаментів, оскільки стінка має достатню твердість і міцність.



Рисунок 1.4 – Розробка котловану після установки “стіни в ґрунті”

Відомо численні приклади успішного застосування цього способу при зведенні масивних підземних споруд в безпосередній близькості від існуючих будівель, експлуатація яких не переривалася при виконанні будівельних робіт.

Досвід показав, що траншея, заповнена глинистим розчином, зберігає стійкість навіть в тих випадках, коли вона розробляється біля фундаментів будівель (на ділянках біля будівель стіна в ґрунті виконується захватками довжиною 3-5 м, що гарантує безпеку робіт). В таких умовах наближення нового будівництва до існуючих будівель лімітується тільки розмірами застосовуваного обладнання, тобто декількома десятками сантиметрів.

Технологія перспективна при зведенні підземних споруд в умовах міської забудови поблизу існуючих будівель, при реконструкції підприємств, в гідротехнічному будівництві.

1.3. Механізми і машини, які застосовувались при будівництві станції “Виставковий центр”

На рис. 1.5 наведено зображення розташування основних механізмів і машин при будівництві станції метро “Виставковий центр” відкритим способом з прогнозованим запровадженням екскаватора з гідромолотом.

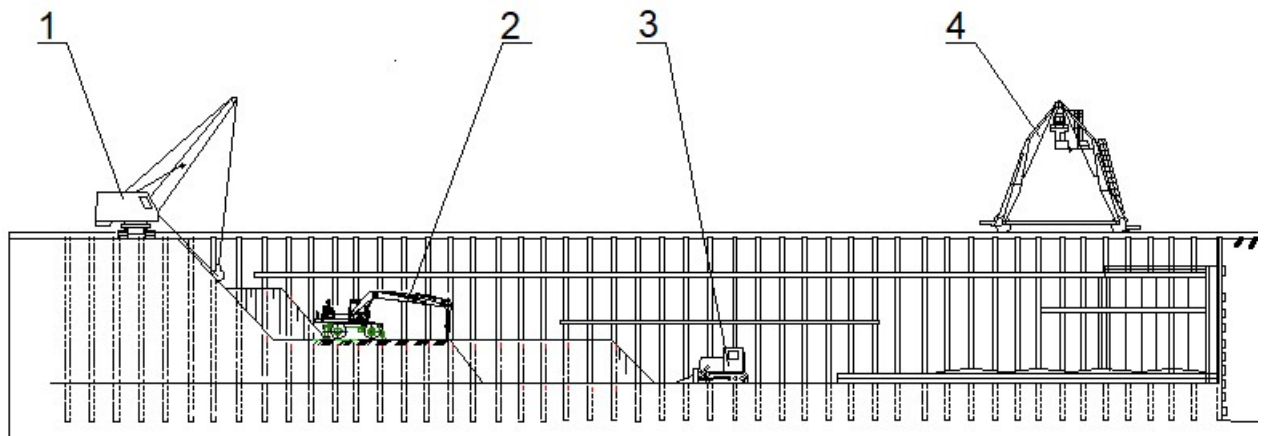


Рисунок 1.4 – Розташування основних механізмів і машин при будівництві станції метро “Виставковий центр”: 1 - драглайн Hitachi KH 150-3;
2 – екскаватор EO-4321A з гідромолотом ГПМ-300А;
3 – бульдозер Caterpillar D6R LGR; козловий кран ККС-16,0 г-п 16,0

На рис. 1.5 наведено екскаватор EO-4321A з гідромолотом ГПМ-300 виробництва заводу “Атек” м. Києва (Україна), які до сьогодні знаходяться в експлуатації під маркою АТЕК 881, постачальником яких є компанія ТОВ “РГС Україна” [9] . Ця компанія є провідним постачальником послуг сервісу, запчастин для екскаваторів АТЕК в Києві та в Україні. Також вона здійснює продаж екскаваторів в Україні.

Слід зазначити, що екскаватори акціонерного товариства АТЕК (раніше - “Червоний екскаватор”) добре відомі фахівцям в Україні та за кордоном свої-

ми надійними класичними конструкціями з великим експлуатаційним ресурсом.

АТЕК екскаватор - це універсальна, багатofункціональна та недорога землерийна техніка з відмінними можливостями, гарною ремонтпридатністю та невисокою вартістю експлуатації.

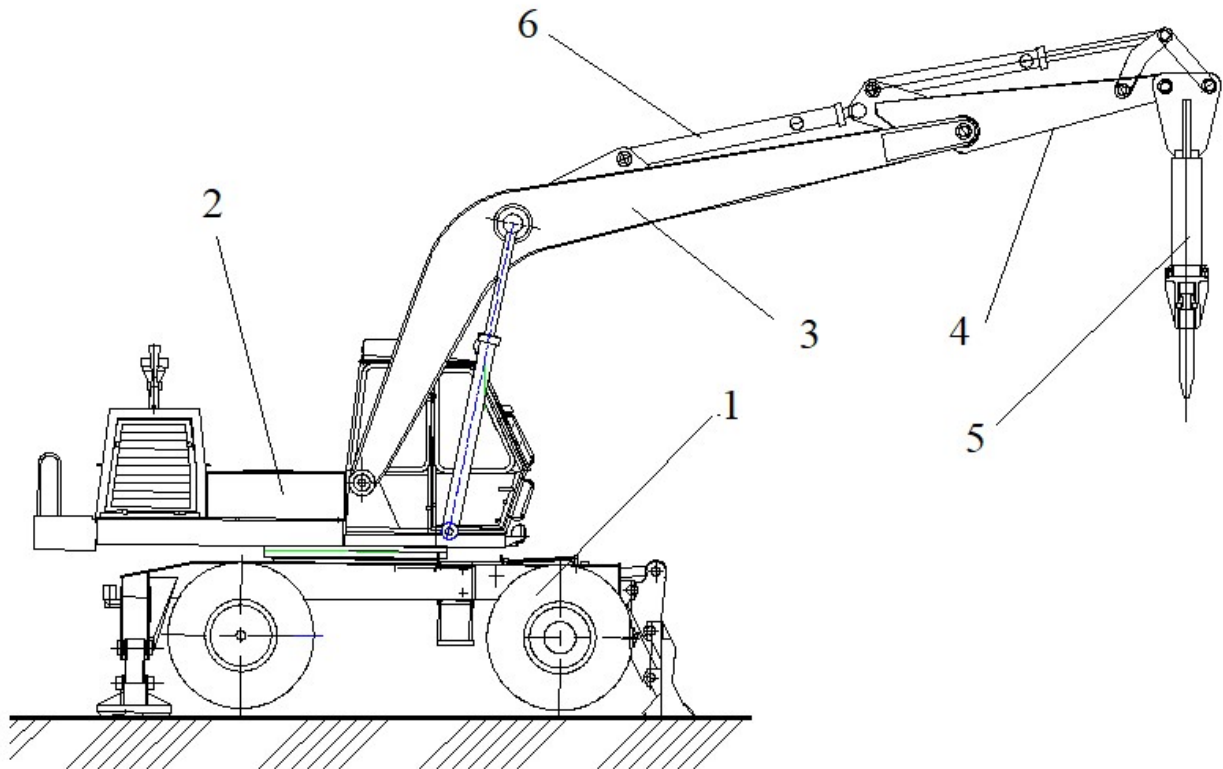


Рисунок 1.5 – Екскаватор ЕО-4321 (Атек 881) з гідромолотом:

1 – ходова частина з приводом коліс за схемою ”високомоментний гідромолот-колесо”; 2 – поворотна платформа з дизельним двигуном, електрообладнанням, системою керування, кабіною оператора; 3 – стріла; 4 – рукоять; 5 – гідромолот ГПМ-300А; 6 – гідроциліндри гідроприводу

Екскаватори цього бренду широко застосовуються в Україні для швидкого викопування траншей, котлованів, переміщення сипких матеріалів та інших землерийних робіт. Всі вони мають підвищену маневреність та можуть працювати в умовах дуже обмежених за розмірами просторів.

Важливими аргументами на користь експлуатації екскаватора цього бренду є:

приваблива вартість екскаватора АТЕК; відмінна ремонтпридатність екскаватора, що дозволяє підтримувати його працездатність протягом тривалого періоду; доступність до них в Україні недорогих оригінальних запасних частин та агрегатів; невелика вартість сервісу екскаваторів заводу АТЕК.

Технічні характеристики екскаватора Атек 881 з гідромолотом ГПМ-300А: експлуатаційна маса з робочим обладнанням: 19500 кг; потужність двигуна 74 кВт; максимальна транспортна швидкість пересування: 24 км./год; подоланий ухил твердого сухого шляху: 22 градуси; габаритні розміри у транспортному положенні: 9900х2840х3990 мм; енергія одиночного удару гідромолота 3,25 кДж; частота ударів 3 Гц.

Висновки за розділом

1. Будівництво станцій метрополітену відкритим способом дозволяє значно розширити можливості застосування будівельної та гірничої техніки, що дозволяє оптимізувати технологічний процес зведення станції метро неглибокого залягання.

2. Виходячи з аналізу статистичних даних змінних властивостей гірських порід в широкому діапазоні, встановлено, що для руйнування ґрунтів з коефіцієнтом міцності ≤ 1 та за скельних ґрунтів, з коефіцієнтом міцності до 16, а також враховуючи промерзання ґрунтів до значення 100 (за числом ударів ударника ДорНДІ) для підвищення продуктивності доцільне застосування ударного пристрою - гідромолота, який би адекватно реагував на змінні характеристики вибою в широкому діапазоні..

3. Наведено перелік основних машин та механізмів характерних для технології “стіна в ґрунті” та обґрунтовано застосування в реалізації технології гідравлічного екскаватора Атек 881 з гідромолотом ГПМ-300 українського виробництва.

2.Характеристика електропостачання на підприємстві

2. 1. Аналіз технологічних умов та вимог до освітлення

Освітлення підприємств сприяє покращенню умов праці, підвищенню продуктивності праці і значно знижує травматизм.

Головними задачами при висвітленні проблеми освітлення підприємства, є:

- створення достатнього рівня освітленості у відповідності до нормативних вимог на робочих місцях;
- відсутність надлишкової освітлюючої дії джерел світла, значних коливань світлового потоку;
- забезпечення допустимого відтворення кольору об'єктів;
- використання найменшої кількості освітлювальних установок;
- простота, надійність, компактність, мобільність установок.

Для розрахунку освітлення територій проведення робіт, майданчиків промислових застосовують метод світлового потоку, для розрахунку освітлення залізничних шляхів, автомобільних доріг, гірських виробок. Точковий метод використовують: для розрахунку освітлення приміщень, гірничих вибоїв, машинних камер. Також можуть використовуватись метод потужності питомо або метод коефіцієнта використання світлового потоку.

Надалі розрахунки параметрів електропостачання виконані за методиками [9-12].

2.2 Розрахунок електричних навантажень

Сформуємо спрощену схему заміщення.

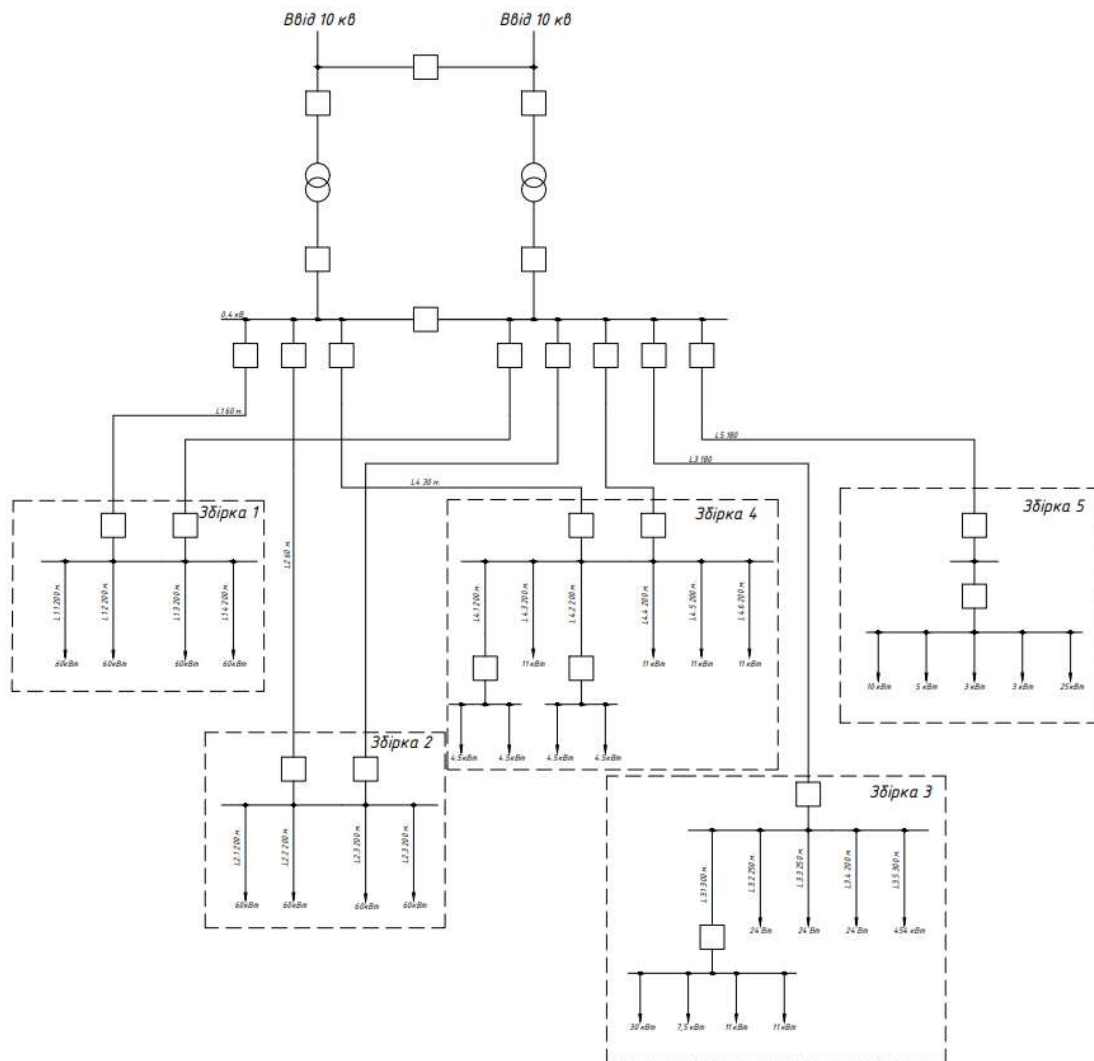


Рисунок 2.1 – Спрощена схема

Розрахункове навантаження при цьому визначається з виразів:

$$P_p = K_n \sum_{i=1}^n P_{n.i.}$$

За формулою визначити розрахункове реактивне навантаження Q_p навантаження на вузол.

$$Q_{збірка1} = P_{збірка1} \cdot \tan \varphi_{збірка1}$$

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} = \sqrt{1 - (0,9)^2} = 0,435$$

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} = \frac{0,435}{0,8} = 0,4843$$

$$Q_{збірка1} = 168 \cdot 0,4843 = 183,92 \text{ квар}$$

. Об'єднані збірки нижчої напруги формують навантаження для збірок вищої напруги з урахуванням втрат в трансформаторах.

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахунок навантажень

Споживач	Тип машини	P_H	n	ΣP_H	K_{Σ}	P_p	η_H	$\cos\phi_H$	$\tan\phi_H$	Q_p	S_p
Збірка №1											
Насоси ЕЦВ		60	5	300	0,56	168	0,79	0,9	0,48	183,9	249,1
Збірка №2											
Насоси ЕЦВ		60	5	300	0,56	168	0,79	0,9	0,48	183,9	249,1
Збірка №3											
Осв. котлована.		1	7	7	1	7	1	1	0	0	7
Осв. складу.		0,1	8	0,8	1	0,8	1	1	0	0	0,8
Кран ККТС		60	1	60	1	60	0,85	0,87	0,57	40	72,1
Разом					-	69,6	-	-	-	40	80,3
Збірка №4											
Насоси місцеві		4,5	4	18	0,55	9,9	0,8	0,87	0,57	12,7	16,1
Вентелятор		11	4	44	0,55	24,2	0,83	0,8	0,75	39,8	46,6
Разом					-	34,1	-	-	-	52,2	62,6
Збірка №5											
Токарний станок		10	1	10	0,8	8	0,86	0,82	0,7	8,1	11,4
Стругальний станок		5	1	5	0,8	4	0,86	0,84	0,65	3,7	5,4
Сверлильний станок		3	1	3	0,8	2,4	0,86	0,82	0,7	2,4	3,4
Заточний станок		3	1	3	0,8	2,4	0,86	0,82	0,7	2,4	3,4
Зварювальний апарат		25	1	25	0,8	20	0,8	0,75	0,88	27,6	34
Разом					-	36,8	-	-	-	44,3	57,6
Сума по ГПП					-	476,5	-	-	-	504,6	694,6

Обираємо трансформатори Т1, Т2 згідно заданої потужності, враховуючи, що трансформатор може працювати при навантаженні до 30% більше номінального, $U_{номВН} = 10 \text{ кВ}$, а $U_{номНН} = 0,4 \text{ кВ}$;

Таблиця 2.2 – Параметри трансформатора

Тип	Номінальна потужність, $S_{ном}$, кВА	Номінальні напруги, кВ		Втрати потужності КЗ, P_K , кВт	Напруга КЗ, U_K , %
		ВН (Y)	НН (Δ)		
ТМ-630/10	630	10	0,4	7,6	5,5

Розрахунок втрат активної та реактивної потужності в трансформаторах Т1, Т2:

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot S_{ном.Т} = 0,02 \cdot 630 = 12,6 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot S_{ном.Т} = 0,1 \cdot 1600 = 63 \text{ кВАр};$$

2.3. Розрахунок електричних мереж

При проектуванні системи живлення і розподілу електроенергії частіше виконують електричні і механічні розрахунки ліній електропередач.

Перед вибором перетинів проводів і жил кабелів ЛЕП необхідно скласти схему електропостачання підприємства з наведенням довжини всіх елементів мережі СЕП. З погляду на те, що фронт робіт і гірничі машини, які застосовують при будівництві станції метрополітену відкритим способом, постійно переміщаються і місце прикладення навантажень у електричній мережі змінюється. Схему електропостачання формують на період найбільш несприятливого розташування механізмів та машин, коли втрати напруги в мережі будуть максимальними. При цьому припускають, що електричні навантаження частіше зосереджені в кінці магістральних ліній на відстані один від одного, за технологією проведення робіт.

Перетин проводів та жил кабелів вибирають з урахуванням конкретних технічних та економічних факторів. До технічних факторів, що впливають на вибір перерізу, відносяться здатність провідника витримувати довготривале навантаження при нормальному та поставарійному режимах з врахуванням цілком допустимого перегріву. Враховується термічна стійкість в режимі раптових коротких замикань і втрати напруги в окремих провідниках від протікання по ним струму в нормальному, поставарійному та аварійному режимах. Механічна допустима стійкість до механічного навантаження; коронування в мережах напругою 35 кВ і вище – фактор, що залежить від напруги, перерізу провідника та навколишнього середовища. До економічних факторів частіше відносять економічну щільність струму.

Перетин, відповідно, проводів повітряних стаціонарних ліній електропередач (ЛЕП) напругою 6 і 10 кВ вибирають по допустимій економічній щільності струму і перевіряють за умовами нагрівання. Далі вся мережа перевіряється за допустимими втратами напруги.

Повітряні ЛЕП напругою до 1000 В розраховують за втратами напруги і перевіряють за умовами нагрівання та економічній щільності струму при тривалості використання максимуму навантаження понад 4000...5000 г/рік. Крім того, погоджують перетин проводів із захистом ЛЕП, а мережу перевіряють на відключення мінімальних значень струмів КЗ релейним захистом.

Стаціонарні кабельні лінії напругою 6 кВ вибирають за економічною щільністю струму і перевіряють за умовами нагрівання з урахуванням і поправками на умови прокладки, за термічною стійкістю струмам КЗ і за втратами напруги. Переносні кабельні лінії вибирають за нагріванням і перевіряють на термічну стійкість струмам КЗ і за втратами напруги.

Кабельні лінії напругою до 1000 В вибирають аналогічно повітряним на цю ж напругу.

При виборі перерізу проводів та жил кабелів розрахунковий струм навантаження визначаємо:

$$I_P = \frac{S_P}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{249,1}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 359,5 \text{ A},$$

Де S_P – розрахункове навантаження групи споживачів, кВА; U_H – напруга мережі, кВ.

Розрахунковий струм окремого споживача визначається по його номінальній потужності:

$$I_P = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \eta_H \cdot \cos \varphi_H} = \frac{60}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,56 \cdot 0,9} = 121,8 \text{ A}$$

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

2.4 Вибір перетину провідників і жил кабелів за нагрівом

Параметри споживачів та розрахунок кабельних ліній визначені за методиками [9, 10] і наведені в таблицях 2.3 та 2.4.

Таблиця 2.3. Параметри споживачів

Споживач	№ лінії	Довжина лінії	Тип лінії	Потужність, що передається лінією	cos	ККД	Розрахунковий робочий струм лінії I _p , А
Споживачі низької напруги (0,4 кВ)							
Збірка №1	L1	30	-	300	0,9	0,79	359
Збірка №2	L2	30	-	300	0,9	0,87	359
Збірка №3	L3	60	-	69,6	0,87	0,85	115
Збірка №4	L4	180	-	34,1	0,8	0,86	90
Збірка №5	L5	180	-	36,8	0,75	0,85	83
Збірка №5	L5.1	200	-	36,8	0,75	0,85	83
Насоси ЕЦВ	L1.1-L2.4	200	-	60	0,9	0,79	121,8
Осв. котлові-на.	L3.2	250	-	1	1	1	0,144
Осв. майстер-ні.	L3.3	250	-	0,1	1	1	0,144
Осв. складу.	L3.4	200	-	0,8	1	1	0,144
Осв. комб.	L3.5	300	-	1,7	1	1	1,44
Кран ККТС	L3.1	300	-	60	0,87	0,85	177,1
Насоси місце-вого водовід-ливу	L4.1-L4.2	200	-	9	0,8	0,86	9,33
Вентилятори	L4.3-L4.6	200	-	11	0,83	0,87	23,9

Таблиця 2.4. Розрахунок кабельних ліній

№ лінії	Ір. А	За нагрівом		Sмех	За економічною густиною струму		За втратами напруги		Обрана марка та переріз лінії
		Ідоп	Снагр		Іек	Сек	Втрати напруги	Свтрат	
Збірка №1									
Збірка №1	359	360	185	16	1,6	185	23,2	185	АВВБГ 3х185
Збірка №2	359	360	185	16	1,6	185	23,2	185	АВВБГ 3х185
Збірка №3	115	120	35	16	1,6	50	25	50	АВВБГ 3х50
Збірка №4	90	95	25	16	1,6	50	27,7	50	АВВБГ 3х50
Збірка №5	83	95	25	16	1,6	50	28,4	50	АВВБГ 3х50
Збірка №5	83	95	25	16	1,6	50	36,6	50	АВВБГ 3х50
Насоси ЕЦВ	121,8	145	50	16	1,6	50	38	50	АВВБГ 3х50
Осв. котловіна.	0,144	19	1,5	16	1,6	1,5	38	16	АВВБГ 3х16
Осв. майстерні.	0,144	19	1,5	16	1,6	1,55	25,9	16	АВВБГ 3х16
Осв. складу.	0,144	19	1,5	16	1,6	1,5	25,1	16	АВВБГ 3х16
Осв. комб.	1,44	19	1,5	16	1,6	1,5	25,1	16	АВВБГ 3х16
Кран ККТС	117,1	120	35	16	1,6	50	38,5	70	АВВБГ 3х70
Насоси місцевого водовідливу	9,33	19	1,5	16	1,6	4	31,3	16	АВВБГ 3х16
Вентилятори	23,9	25	2,5	16	1,6	10	36,1	16	АВВБГ 3х16

2.5. Розрахунок струмів КЗ

При проектування СЕП враховуються не тільки нормальні, тривалі режими роботи ЕУ, але і їх аварійні режими. Одним з аварійних режимів є коротке замикання.

Часто виникають саме однофазні КЗ (60-92% від загального числа КЗ).

Як правило, трифазні КЗ викликають у пошкодженому ланцюзі найбільші струми, тому при виборі апаратури частіше за розрахунковий струм КЗ беруть струм трифазного КЗ.

Причинами КЗ можуть бути механічні пошкодження ізоляції, падіння опор повітряних ліній, старіння ізоляції, зволоження ізоляції та інше. Дуга, що виникає в місці КЗ, призводить до часткового або значного руйнування апаратів, машин та інших пристроїв.

Зниження напруги призводить до порушення нормальної роботи механізмів, при нарузі нижче 70% номінальної напруги двигуна загальмовуються, робота механізмів припиняється.

Для зменшення наслідків КЗ необхідно видко відключити пошкоджену ділянку, що досягається застосуванням швидкодіючих вимикачів і релейного захисту з мінімальною витримкою часу.

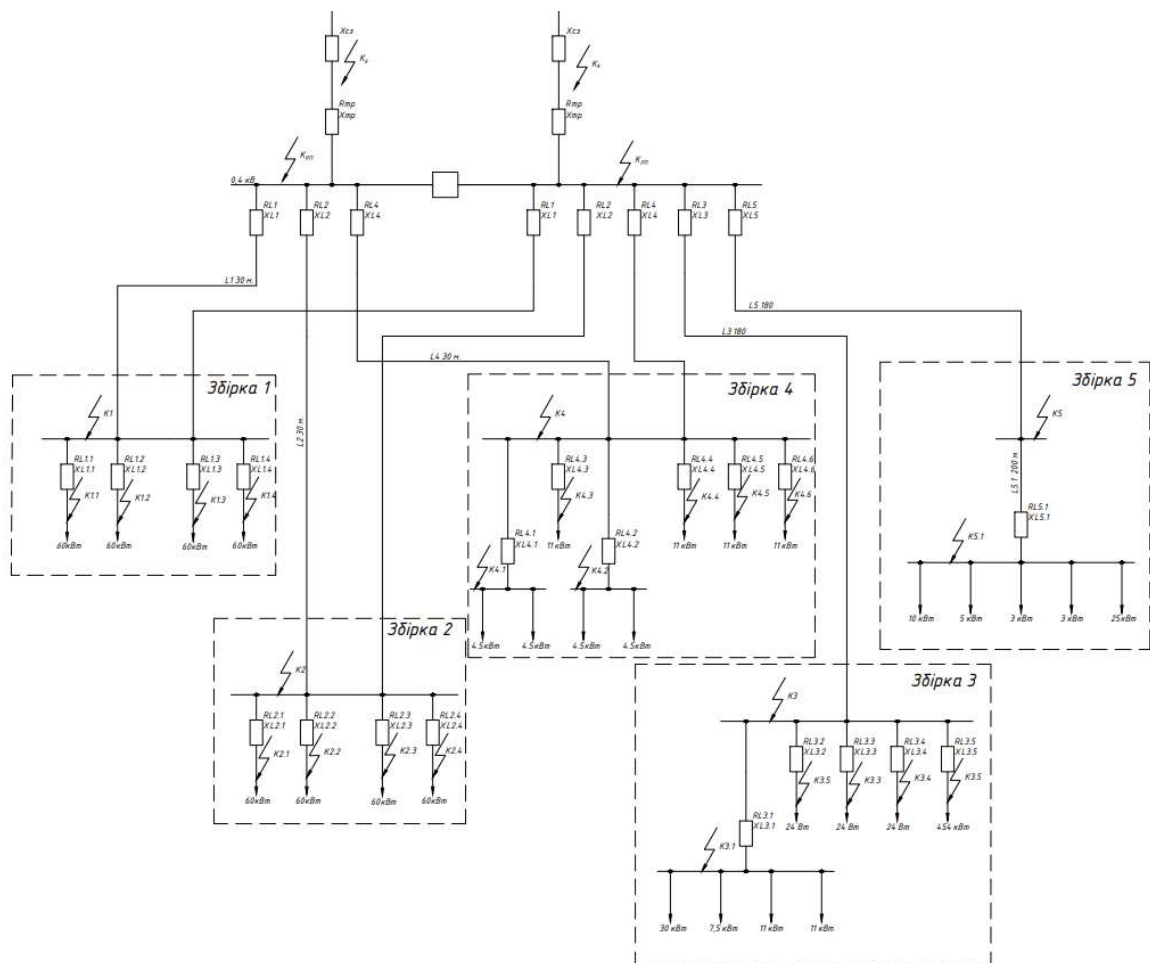


Рисунок 2.2. – Схема заміщення для проведення розрахунку точок КЗ

Розрахунок струмів КЗ в мережах напруги до 1000 В

При розрахунку струмів КЗ визначаються величини:

I'' - діюче значення початкового зверхперехідного струму для вибору уставки для вибору уставок спрацювання швидкодіючого захисту;

I_{∞} - усталений струм КЗ для перевірки на термічну стійкість електричних апаратів та кабелів;

i_y - миттєве значення ударного струму КЗ для перевірки електричних апаратів на динамічну стійкість;

I_y - найбільше діюче значення повного струму КЗ для перевірки електричних апаратів на динамічну стійкість на протязі першого періоду КЗ;

I_t - діюче значення повного струму КЗ для довільного моменту часу для вибору t вимикачів за відмикаючим струмом;

S_t - потужність КЗ для довільного моменту часу для перевірки вимикача за відключаючою ним потужністю.

Особливістю розрахунку струмів КЗ. в мережах напругою до 1000 В є необхідність врахування опору всіх елементів схеми (трансформаторів струму, шин, котушок розчеплювачів автоматів, контактних з'єднань апаратів та ін..), врахування активної і реактивної складової опору. Струми КЗ. розраховують в іменованих одиницях. Трифазний струм КЗ:

Приклад розрахунку для :

$$I_K^{(3)} = \frac{U_{cp}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(\sum r)^2 + (\sum x)^2}}$$

де U_{cp} - середня номінальна напруга ступіні КЗ (690,400, 230,133 В)

$\sum r$, $\sum x$ - сума активних і реактивних опорів до точки КЗ, включаючи трансформатор та опір зовнішньої системи, МОм.

Опори понижуючого трансформатора (МОм):

$$Z_m = \frac{U_{K\%} \cdot U_H^2 \cdot 10^4}{S_{n.m.}}$$

$$r_m = \frac{\Delta P_K \cdot U_H^2 \cdot 10^6}{S_{n.m.}^2}$$

$$x_m = \sqrt{Z_m^2 - r_m^2}$$

де $S_{n.m.}$ - в кіловольт-амперах(кВА),

U_H - для обмотки НН,кВ;

Опір системи, що живить трансформатор:

$$X_c = \frac{U_{c.B.} \cdot U_{c.H.}^2 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot I_K^{(3)} \cdot U_{c.B.}^2}$$

де $U_{c.B.}$, $U_{c.H.}$ - середня номінальна напруга мережі вищого та нижчого рівня напруги, В;

$I_K^{(3)}$ - періодична складова струму КЗ на вході трансформатора в мережі вищої напруги, А.

Опір системи, що живить трансформатор:

$$X_c = \frac{U_{c.H.}^2}{S_K^{(3)}} = \frac{400^2}{40 \cdot 10^6} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ Ом};$$

де $S_K^{(3)}$ – потужність трифазного короткого замикання на шинах;

$U_{c.H.}^2$ – 230, 400, 690, 1200 В.

Опір кабельних ліній, що живить споживачів 6 кВ (Ом):

$$R_{L1} = 1000 \cdot \frac{L1}{\gamma \cdot S} = 1000 \cdot \frac{0,03}{32 \cdot 185} = 0,005 \text{ Ом};$$

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

$$X_{L1} = x_{L1} \cdot L1 = 0,311 \cdot 0,03 = 0,0093 \text{ Ом};$$

Аналогічно розраховуємо решту опорів та формуємо значення в табл.

2.5.

Таблиця 2.5 – Опори елементів мережі у іменованих одиницях

Елемент мережі	Кількість	R, Ом	X, Ом
1	2	3	4
Джерело живлення	2	-	0,004
Трансформатори ТМ-630	2	0,003	0,014
L1	2	0,005	0,0093
L2	2	0,005	0,0093
L3	2	0,038	0,019
L4	2	0,113	0,0585
L5	2	0,113	0,0585
L1.1-L2.4	8	0,125	0,065
L3.1	1	0,134	0,094
L3.2	1	0,586	0,021
L3.3	1	0,488	0,017
L3.4	1	0,488	0,017
L3.5	1	0,391	0,014
L4.1-L4.2	2	0,391	0,014
L4.3-L4.6	4	0,391	0,014
L5.1	1	0,113	0,065

За розрахунковою схемою формують схему заміщення, де всі її елементи замінюють опорами. Далі, якщо необхідно, спрощують схему шляхом заміни послідовних, паралельних та інших з'єднань опорів еквівалентними:

Точка K1

$$R_{K1} = R_1 + R_{mp} = 0,005 + 0,003 = 0,008 \text{ мОм};$$

$$X_{K1} = X_{L1} + x_m + X_c = 0,0093 + 0,014 + 0,004 = 0,031 \text{ мОм};$$

$$Z_{K1} = \sqrt{R_{K1}^2 + X_{K1}^2} = \sqrt{0,008^2 + 0,031^2} = 0,032 \text{ Ом};$$

а) діюче значення струму трифазного КЗ для і-ої точки ланцюга

$$I_{K1}^3 = \frac{U_{с.н.}}{\sqrt{3} \cdot Z_{K1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,032} = 7,1 \text{ кА};$$

б) струм двофазного короткого замикання

$$I_{K1}^2 = \frac{U_{с.н.}}{2 \cdot Z_1} = \frac{400}{2 \cdot 0,032} = 6,2 \text{ кА};$$

в) миттєве значення ударного струму КЗ через півперіоду (0.01с) після виникнення КЗ

$$i_{yK1} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K1}^3 = 1,1 \cdot \sqrt{2} \cdot 6,2 = 10,1 \text{ кА};$$

г) діюче значення повного струму КЗ

$$I_{yK1} = I_{K1}^3 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (k_y - 1)^2} = 7,1 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1 - 1)^2} = 7,1 \text{ кА};$$

Аналогічно розраховуємо решту струмів короткого замикання та формуємо значення в табл. 2.6.

Таблица 2.6. – Розрахунок струмів КЗ у іменованих одиницях

Елемент мережі	R, Ом	X, Ом	Сум R, Ом	Сум X, Ом	сум Z	I к3 кА	I к2 кА	iy	Iy
Крп	0,003	0,01	0,00	0,02	0,02	12,72	11,02	18,00	12,72
R ₁	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	7,16	6,20	10,12	7,16
R ₂	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	7,16	6,20	10,12	7,16
R ₃	0,04	0,02	0,04	0,04	0,06	3,99	3,45	5,64	3,99
R ₄	0,11	0,06	0,12	0,08	0,14	1,64	1,42	2,32	1,64
R ₅	0,11	0,06	0,12	0,08	0,14	1,64	1,42	2,32	1,64
R _{1.1} - R _{2.4}	0,13	0,07	0,14	0,09	0,16	1,43	1,24	2,02	1,43
R _{3.1}	0,13	0,09	0,18	0,12	0,21	1,09	0,94	1,54	1,09
R _{3.2}	0,59	0,02	0,63	0,04	0,63	0,37	0,32	0,52	0,37
R _{3.3}	0,49	0,02	0,53	0,04	0,53	0,43	0,37	0,61	0,43
R _{3.4}	0,49	0,02	0,53	0,04	0,53	0,43	0,37	0,61	0,43
R _{3.5}	0,39	0,01	0,43	0,04	0,44	0,53	0,46	0,75	0,53
R _{4.1} - R _{4.2}	0,39	0,01	0,51	0,04	0,51	0,45	0,39	0,64	0,45
R _{4.3} - R _{4.6}	0,39	0,01	0,51	0,04	0,51	0,45	0,39	0,64	0,45
R _{5.1}	0,11	0,07	0,23	0,09	0,25	0,94	0,81	1,32	0,94

2.6. Розрахунок струмів КЗ в мережах напруги понад 1000 В

Струми КЗ залежать від потужності енергосистеми (джерела живлення), від еквівалентного внутрішнього опору джерела та опору ланцюга до точки КЗ. Значення їх опорів зазвичай надаються у відносних одиницях. З цієї причини розрахунок струмів КЗ доцільно виконувати у відносних базисних одиницях, тобто в одиницях, що приводять до довільної базисної потужності S_b , кратної десяти (10;100;1000МВА).

Приймаємо: $S_b = 10 \text{ МВА}$;

За базисні напруги U_{bi} , приймають номінальні напруги трансформаторів i -х ступенів напруги системи.

$$U_{b1} = 1,05 \cdot U_{ном.1} = 10,5 \text{ кВ}$$

Базисні (умовні) струми на i -му ступені напруги визначають за співвідношенням:

$$I_{b1} = \frac{S_b}{\sqrt{3} \cdot U_{b1}} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 0,55 \text{ кА};$$

За розрахунковою схемою складають схему заміщення, де всі її елементи замінюють опорами у в.б.о.. Далі, у разі необхідності, спрощують схему шляхом заміни послідовних, паралельних та інших з'єднань опорів еквівалентними

Точка Кзс:

$$x_{*bc} = \frac{S_b}{S_k^{(3)}} = \frac{10}{50} = 0,2 \text{ в. б. о.}$$

$$Z_{*b1} = x_{*bc} = 0,2 \text{ в. б. о.}$$

Таблиця 2.7 – Опори елементів мережі відносних базисних одиницях

Елемент мережі	Кількість	R_* , в.б.о.	X_* , в.б.о.
Джерело живлення	2	-	0,2

Результати розрахунку струмів КЗ у відносних базисних одиницях наведено в табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Розрахунок струмів КЗ у відносних базисних одиницях

Точка КЗ	$U_{*б},$ кВ	$I_{*б},$ кА	$R_{*},$ в.б.о.	$X_{*},$ в.б.о.	$Z_{*},$ в.б.о.	$I_K^{(3)},$ кА	$I_K^{(2)},$ кА	$i_y,$ кА	$I_y,$ кА	$S_K^{(3)},$ МВА
КЗс	10,5	0,55	-	0,2	0,2	2,7	2,3	6,9	4,1	50

2.7. Вибір електричних апаратів

Враховуючи складні умови експлуатації обладнання при будівництві станції метрополітену відкритим способом, у відповідності з вимогами галузевих нормативних документів, вибір електрообладнання та установок експлуатаційного захисту має свої особливості і розглядається окремо.

При проведенні проектування підстанцій, розподільних і перемикаючих пунктів розподільних електричних мереж слід орієнтуватись на застосування сучасних серій комплектних розподільних пристроїв (КРП), підстанцій (КТП), комутаційних апаратів та апаратів експлуатаційного захисту в мережах до 1140 В.

Всі апарати, шини на підстанціях і розподільних пунктах повинні бути обрані за умови тривалої роботи (за номінальним струмом та напругою) і перевірені для режиму КЗ на термічну та динамічну стійкість.

Для роз'єднувачів за номінальною напругою слід виконувати умови:

$$U_{н.а.} \geq U_{н.с}; U_{м.а} \geq U_{р.м.}$$

де $U_{н.а.}$, $U_{н.с}$ - номінальна напруга відповідно апарату, що вибирається та напруга мережі; $U_{р.м.}$ - максимально тривала робоча напруга; $U_{м.а}$ - максимально допустима напруга апарата (можна прийняти для розрядників - $1,25U_{н.}$; для вимикачів, роз'єднувачів, ізоляторів – $1,15 U_{н.}$; для запобіжників, реакторів, трансформаторів струму і напруги, кабелів $1,1 U_{н.}$).

При виборі апаратів за струмом

$$I_{н.а.} \geq I_p;$$

де $I_{н.а.}$ - дається при розрахунковій температурі зовнішнього середовища $\theta_{о.с} = +35^{\circ}\text{C}$.

Струмоведучі частини й електричні апарати повинні бути динамічно і термічно стійкі при струмах КЗ:

$$I_{\max} \geq I_y \text{ чи } i_{\max} \geq i_y$$

де $I_{\max}$, $i_{\max}$ - діюче значення й амплітуда максимально припустимого струму, що характеризують динамічну стійкість апарата; I_y , i_y - діюче значення та амплітудне значення ударного струму КЗ

$$I_t \cdot \sqrt{t} \geq I_{\infty} \cdot \sqrt{t_{\phi}}$$

де I_t - струм термічної стійкості, що даний апарат може витримати без ушкодження протягом t (1...10 с) (приводиться в каталогах); t_{ϕ} - приймається 0,25 с.

Магнітні пускачі добирають за номінальною напругою мережі $U_{H.M.}$ номінальним струмом керованого двигуна $I_{н.д.}$ а також за потужністю та режимом роботи двигуна:

$$I_{н.п.} \geq I_{н.д.}; U_{н.п.} = U_{H.M.}; P_{т.ж} \geq P_{м.д.}$$

де: $I_{н.п.}$, $U_{н.п.}$ - номінальний струм і напруга пускача; $P_{т.ж.}$ - максимальна потужність керованого пускачем, двигуна залежно від j -ї категорії застосування контактора за ГОСТ 11206-77Е; $P_{н.д.}$ - номінальна потужність двигуна.

У разі керування групою електродвигунів

$$I_{н.п.} \geq \sum_1^K I_{н.д.i})$$

Обраний пускач перевіряють за розривною здатністю при наявності максимального захисту:

$$I_{р.п.} \geq 1,2 \cdot I_K^{(3)}$$

де: $I_{р.п.}$ - граничний струм до вимикається; $I_K^{(3)}$ - струм трифазного короткого замикання на виході пускача.

Якщо гранична комутаційна здатність пускача недостатня, то беруть більш потужний пускач або додатковий комутаційний апарат.

Для захисту відгалуження з одним електродвигуном з короткозамкненим ротором уставка спрацювання захисту пускача $I_{y.n.}$ вибирається за умовою (Додаток 100)

$$I_{y.n.} \geq I_{n.n.},$$

де: $I_{n.n.}$ - пусковий номінальний струм двигуна.

Для захисту відгалуження з одночасним пуском кількох двигунів

$$I_{y.n.} \geq \sum_{i=1}^n I_{n.m.i}$$

Для захисту відгалуження з асинхронним двигуном з фазним ротором

$$I_{y.n.} \geq (1,6 \dots 2,0) \cdot I_{n.d.}$$

Для захисту мережі з освітлювальним навантаженням

$$I_{y.n.} \geq 3 \cdot I_{p.o.}$$

де: $I_{p.o.}$ - розрахунковий струм освітлювального навантаження.

Струм уставки максимальних реле пускачів, які захищають освітлювальні трансформатори,

$$I_{y.n.} \geq 3 \cdot I_{p.o.} / K_{TP}$$

де: K_{TP} - коефіцієнт трансформації трансформатора.

Обрана уставка спрацювання захисту пускача повинна перевірятися на надійність його роботи за умовою

$$I_{K.min}^{(2)} / I_{y.n.} \geq 1,5.$$

Вибір автоматичних вимикачів у загальнопромисловому виконанні та уставок їх захисту.

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 елект-

ромагнітного елементу, що виконує максимальний струмовий захист з витримкою або без витримки часу – струмову відсічку при струмах к. з.

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

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

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

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

$$I_{у.а.} \geq I_{н.маx} + \sum_{i=1}^{K-1} I_{н.i}$$

де: $I_{н.маx}$ – 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

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

Висновки за розділом

1. Проведений наліз технологічних умов та вимог до освітлення. Будівництво станції метрополітену відкритим способом потребує застосування різноманітних електроспоживачів та, у зв'язку з присутністю на відкритих площах значної кількості людей підвищених стандартів надійності електропостачання.

2. При будівництві станції за технологією “стіна в ґрунті” слід враховувати категорію електроприймачів для прийняття раціональних рішень. На практиці серед декількох варіантів, вибирають той, що забезпечує необхідну надійність електропостачання з мінімальними витратами.

3. Проведено розрахунки електричних навантажень та сформовано спрощену схему заміщення. Обирано трансформатори, згідно заданої потужності, враховуючи, що трансформатор може працювати при навантаженні до 30% більше номінального, з потужністю 10 *kV*, тип трансформатора ТМ-630/10.

4. Проведено вибір кабельних ліній та визначення струмів КЗ в мережах напруги понад 1000 В.

5. Враховуючи складні умови експлуатації обладнання при будівництві станції метрополітену відкритим способом, у відповідності з вимогами галузевих нормативних документів, вибір електрообладнання та установок експлуатаційного захисту має свої особливості і розглядається окремо.

3. Розробка конструкції адаптивного гідромолота

3.1. Аналіз науково-технічної літератури та патентів

Адаптивний гідромолот відрізняється від традиційного гідромолота тим, що має додаткову електрогідравлічну систему керування. Ця система дозволяє змінювати параметри роботи гідромолота в реальному часі, щоб краще відповідати конкретним умовам роботи .

Електрогідравлічне керування дозволяє регулювати такі параметри гідромолота, як сила удару, частота ударів і швидкість. Наприклад, при роботі з різними типами матеріалів або при необхідності різних рівнів руйнування, можна змінювати силу удару гідромолота. Це дозволяє оптимізувати роботу гідромолота для досягнення найкращих результатів з розбивання матеріалів.

Керування адаптивним гідромолотом зазвичай здійснюється за допомогою спеціального керувального пристрою або пульта управління, який дозволяє оператору точно налаштовувати параметри роботи гідромолота в реальному часі.

Адаптивні гідромолоти з електрогідравлічним керуванням дозволяють покращити продуктивність і ефективність роботи в порівнянні з традиційними гідромолотами. Вони також можуть бути більш ергономічними для оператора, оскільки дозволяють здійснювати зміни параметрів роботи без необхідності фізичної зміни налаштувань гідромолота [5].

Нижче наводиться інформація про конструкції гідромолотів з елементами адаптації, які розроблені в НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського" і захищені патентами на інтелектуальну власність

Патент України UA № 35067, МПК B25D 9/00 Гідромолот. 2008. Автори: Шевчук С. П., Лесик В. С., Лістовщик Л. К., Сліденко В. М.

Гідромолот містить корпус, золотник, який з'єднаний з бойком через демпфер, інструмент, золотник фазових перемикачів, який періодично з'єднує камеру розгону або з напірною магістраллю, або зі зливною магістраллю. Золотник фазових перемикачів у вихідному положенні притиснутий до торця

пружиною, камеру зведення, яка завжди з'єднана з нагнітальною магістраллю. Камера керування періодично з'єднується з камерою зведення, і робоча рідина під тиском з камери керування через канал керування впливає на золотник, змушуючи його перемикатись в інше положення. Всередині бойка розміщений ударник, який має можливість своєю нижньою частиною контактувати безпосередньо з бойком, а верхньою частиною - з бойком через пружний рекуперативний елемент і дисипативний обмежувач. Пружний рекуперативний елемент включає пружину та камеру із стисненим газом.

Патент України UA № 28444, МПК B25D 9/00. Гідромолот. 2007. Автори: Лесик В. С., Сліденко В. М., Лістовщик Л. К., Шевчук С. П.

Гідромолот містить корпус з порожнинами, ударник, блок керування з золотником фазового керування, мережний акумулятор, напірну і зливну магістралі. Від відомих конструкцій гідромолот відрізняється тим, що ударник розділений на бойок і золотник, причому з'єднані вони між собою за допомогою демпфера. В корпусі гідромолота виконані камера зведення, яка з'єднана з напірною магістраллю, камера розгону, що через золотник фазового керування з'єднується з напірною або зі зливною магістраллю, камера керування, яка з одного боку з'єднана з каналом керування, а з іншого боку має гідравлічний зв'язок через камеру зведення з напірною магістраллю, при цьому золотник фазового керування виконаний підпружиненим з одного боку.

Патент України UA № 20456, МПК E21B 4/00. Гідроударний пристрій. 2007. Автори: Лістовщик Л. К., Сліденко В. М., Шевчук С. П.

Гідроударний пристрій містить блок адаптивного керування і корпус з отворами, в якому утворені гідравлічні камери, зв'язані з нагнітальною магістраллю, і гідравлічну камеру, зв'язану зі зливною магістраллю, камеру демпфірування і послідовно розташовані інструмент, бойок, клапан, акумулятор, причому бойок і клапан при спряженні торців по конусній поверхні утворюють замкнуту поверхню, яка має поперемінний гідравлічний зв'язок з лінією нагнітання і зливу через канали в клапані і корпусі, який відрізняється тим, що коаксіально клапану в корпусі розташована підпружинена втулка з радіальним

отвором, що утворює з корпусом по зовнішній і торцевій частині камери, причому камера в торцевій частині має гідравлічний зв'язок з камерою демпфірування через паралельно встановлений зворотний клапан і дросель, а камера в зовнішній частині втулки має постійний гідравлічний зв'язок з лінією нагнітання і поперемінний зв'язок з замкнутою порожниною, що утворена спряженим бойком і клапаном через радіальні отвори у втулці і в бойку.

Конструктивна схема і опис за цим варіантом і наведена на рис. 3.1, реалізує спосіб керування за тиском в камері демпфірування.

Гідромолот має корпус 1, в якому послідовно розташовані інструмент 2, двоступінчастий боек 3 з діаметрами d_1 і d_2 , клапан 4 з зовнішнім діаметром d_3 і коаксіально до нього – втулка 5 з зовнішнім діаметром d_4 . Втулка 5 з одного боку торця підпружинена пружиною 6, з другого має зв'язок з порожниною 7. Порожнина 7 має гідравлічний зв'язок з камерою демпфірування 8 з внутрішнім діаметром d_5 через паралельно встановлені зворотній клапан 9 та регульований дросель 10. В корпусі 1 розташована камера нагнітання 11, яка має гідравлічний зв'язок з лінією нагнітання 12 і камерою 13. Камера 13 утворена корпусом 1 і зовнішньою поверхнею втулки 5. Боек 3 має осьовий і радіальний канали, які в кінці робочого ходу в передударному положенні бойка зв'язують його торцеву частину з лінією злива 14. Боек 4 може спрягатись з клапаном 4, утворюючи порожнину 15, яка через осьовий радіальний канали в клапані має при холостому ході в кінці зведення спряжених бойка 3 і клапана 4 гідравлічний зв'язок з радіальним каналом 16 в керуючій втулці 5. Радіальний канал 16 має постійний гідравлічний зв'язок з лінією нагнітання 12. Торцева частина клапана 4 утворює з корпусом 1 камеру пневмоакумулятора 17, яка наповнюється стислим азотом. Хід інструмента 2 обмежується фіксатором 18.

Робота гідроударного пристрою відбувається таким чином.

В початковому положенні рідина, надходячи в камеру нагнітання 11 із нагнітальної магістралі 12 проходить на злив 14. Під дією тиску в акумуляторі

клапан і боек спряжені, і замкнута порожнина 15 має гідравлічний зв'язок з лінією зливу 14 через осьові і радіальні канали в бойку 3.

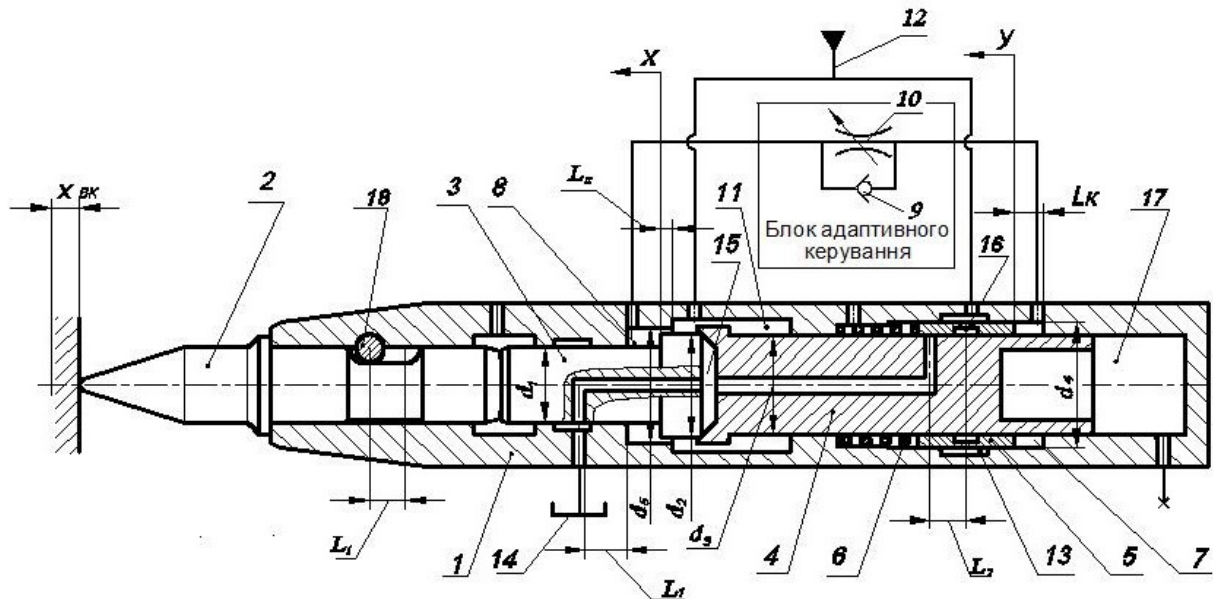


Рисунок 3.1. Принципова схема адаптивного гідромолота з керуючою втулкою

При контакті інструмента з масивом з зусиллям підтискування $P > (\pi \cdot d_1^2 / 4) \cdot p_a$, де p_a - тиск початкової зарядки пневмоакумулятора, відбувається переміщення інструмента 2 та спряжених бойка 3 і клапана 4 на величину холостого ходу L_2 . При цьому холостий хід відбувається з прискоренням бойка та клапана і зарядкою пневмоакумулятора. Величина зведення залежить від положення втулки 5 і отвору 16 в ній. При попаданні каналу 16 в зону камери 13 рідина з напірної магістралі 12 потрапляє через камеру 13, радіальний та осевий канали клапана в замкнуту порожнину 15. Тиск в порожнині збільшується та відбувається розстикування клапана 4 і бойка 3, після чого під дією акумулятора вони прискорено переміщуються в сторону інструмента. Враховуючи умови зведення $d_2 > d_3$, а $d_3 > d_1$, відбувається мультиплікація витрат в камері 11, що обумовлює більш прискорене переміщення бойка 3, ніж клапана 4. В кінці робочого ходу боек 3 наносить удар по інструменту 2. Боек після удару переміщується на величину вкорінення інструмента $x_{вк}$, або

пропорційно їй і проходить деякий шлях L_D в камері демпфірування 8. При цьому $L_D = k \cdot x_{\text{вк}}$, де k – коефіцієнт пропорційності, що залежить від геометричних і фізичних характеристик поверхонь бойка та інструменту, які контактують. Рідина, яка витісняється із камери демпфірування, частково надходить через зворотній клапан 9 в торцеву камеру 7 і частково дроселюється через внутрішню поверхню камери 8 і зовнішню поверхню бойка 3 на діаметрі d_2 . При цьому тиск в торцевій камері 7 визначається положенням втулки 5, яка стискає пружину 6, і параметрами дроселювання. Оскільки підвищення тиску при дроселюванні залежить від витрати рідини через дросель [13]

$$Q = \mu \cdot S \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}, \quad \text{то}$$

$$\Delta p = \frac{Q^2 \rho}{2\mu^2 S^2}, \quad (3.1)$$

де Q – витрата рідини через дросель; Δp – величина підвищення тиску; ρ – густина робочої рідини; μ – коефіцієнт витрат, який визначається експериментально, в середньому приймається для розрахунків $\mu=0,62$ [13]; S – переріз прохідного каналу дроселя.

Оскільки $Q = \Delta V/t$, де $\Delta V = S \cdot L_D$ – об'єм, t – час, то

$$\Delta p = L_D^2 \cdot \rho / 2\mu^2 \cdot t^2. \quad (3.2)$$

Це значить, що тиск в камері демпфірування, а отже і в торцевій камері 7 пропорційний переміщенню $x_{\text{вк}}^2$:

$$\Delta p = k^2 \cdot x_{\text{вк}}^2 \cdot \rho / 2\mu^2 \cdot t^2. \quad (3.3)$$

Оскільки регулюванням дроселя 10 положення втулки може бути фіксовано до наступного зведення бойка, то величина холостого ходу при зведенні визначається положенням втулки 5 і величиною вкорінення інструмента 2, і отже, буде коригуватися величина зарядки пневмоакумулятора 17. Після зупинки бойка 3 камера нагнітання 11 через осьовий і радіальний канали в бойку 3 з'єднуються з лінією зливу 14, тиск в камері падає і клапан, витісняючи рідину в зливну магістраль, набігає на торець бойка 3 і спрягається з ним по конусній поверхні, утворюючи замкнуту камеру 15. Далі цикл повторюється. Але розташування втулки уже скоректовано за величиною вкорінення інструменту в масив, і відповідно скоректована величина ходу спряжених бойка і клапана, а отже і величина енергії удару.

Патент України UA № 102864, МПК E21B 1/38, B25D 17/00, B25D 9/00 Гідропневмомолот з антирезонансним пристроєм. 2015. Автори: Переверзева Г. О., Лістовщик Л. К., Сліденко В. М., Лесик В. С.

Гідропневмомолот з антирезонансним пристроєм для захисту від вібрацій містить корпус, привідний пристрій, ударний механізм, що складається з послідовно розташованих інструмента і бойка, який відрізняється тим, що встановлено антирезонансний пристрій у вигляді пружинно-масового динамічного віброгасника, що включає плунжер, розташований в торцевій частині гідропневмомолота з можливим регулюванням пакета пружин залежно від частоти роботи гідропневмомолота.

3.2. Ідентифікація конструкції з описом модернізації

Найближчим аналогом до досліджуваного адаптивного гідромолота є гідромолот за патентом **UA № 87080, МПК E21B 1/38, B25D 17/00, B25D 9/00** Гідроударний пристрій. 2014. Автори: Сліденко В.М., Шевчук С. П., Горна І. А., Калюш М. П.

Гідроударний пристрій (рис. 3.2) містить блок адаптивного керування і корпус з отворами, в якому утворені гідравлічні камери, які зв'язані з нагніталь-

ною магістраллю, і гідравлічну камеру, зв'язану зі зливною магістраллю, камеру демпфірування і послідовно розташовані інструмент, бойок, клапан, акумулятор. До основного акумулятора приєднано додаткову камеру для збільшення або зменшення об'єму акумулятора. В камері знаходиться поршень, з можливістю рівноваги тиску газу акумулятора з одного боку і тиск рідини з напірної лінії - з іншого. Рух поршня залежить від зміни тиску рідини в камері демпфірування.

Гідроударний пристрій складається з корпусу 1 (рис. 3.2), в якому послідовно розташовані інструмент 2, бойок 3, клапан 4, поршень 5, який знаходиться в стакані 6, що в свою чергу розташований в акумуляторі 8.

Бойок зі сторони акумулятора підпружинений пружиною 7. Акумулятор 8 сполучений з додатковою камерою 9, в якій знаходиться додатковий поршень 10. Клапан 4 має два отвори, через які іде сполучення нагнітальної порожнини 11 зі зливною порожниною 12. Камера демпфірування 13 сполучена через блок автоматичного керування 14, нагнітальну лінію 15, керований зворотний клапан 16, паралельно розташований дросель 17 з додатковою камерою 9. Тиск в камері демпфірування 13 регулюється датчиком тиску 18. Гідроударний пристрій працює в такий спосіб. В початковому положенні рідина, надходячи в камеру нагнітання 11 із нагнітальної магістралі 19 через отвори у клапані 4 проходить до зливної порожнини 12 і далі через зливну магістраль 20 на злив. При контакті інструмента з масивом із зусиллям підтискування, відбувається переміщення інструмента і бойка до моменту, коли буртик 22 бойка не спрагається з конічною поверхнею 23 клапана. При цьому виникає зусилля зведення спражених бойка і клапана під дією якого відбувається холостий хід з прискоренням бойка і клапана і зарядка акумулятора. Рух спражених бойка і клапана проводиться доти, поки радіальні отвори в клапані не перекриваються кромкою втулки на корпусі, що призводить до різкого перекриття витoku з камери гідроудару. Гідроудар супроводжується різким підняттям гідравлічного тиску в камері і під його дією бойок і клапан розстиковуються і далі стиснений газ в акумуляторі розганяє бойок в протилежну сторону до удару

по інструменту. Під дією пружини клапан вслід за бойком повертається в початкове положення і далі цикл повторюється.

При зміні твердості масиву в бік її зменшення, збільшується тиск в камері демпфірування 13, датчик тиску 18 передає сигнал на ЕОМ, який керує пілотним електромагнітним клапаном (рис. 3.3).

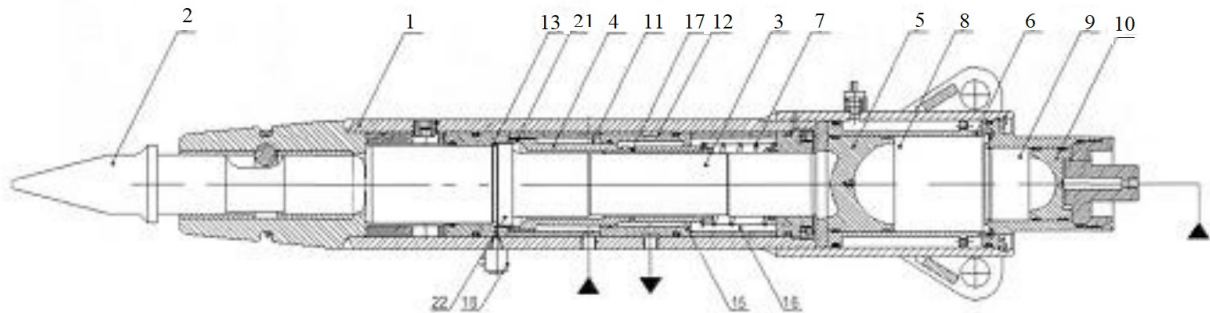


Рисунок 3.2 – Гідроударний пристрій з можливістю адаптивного керування

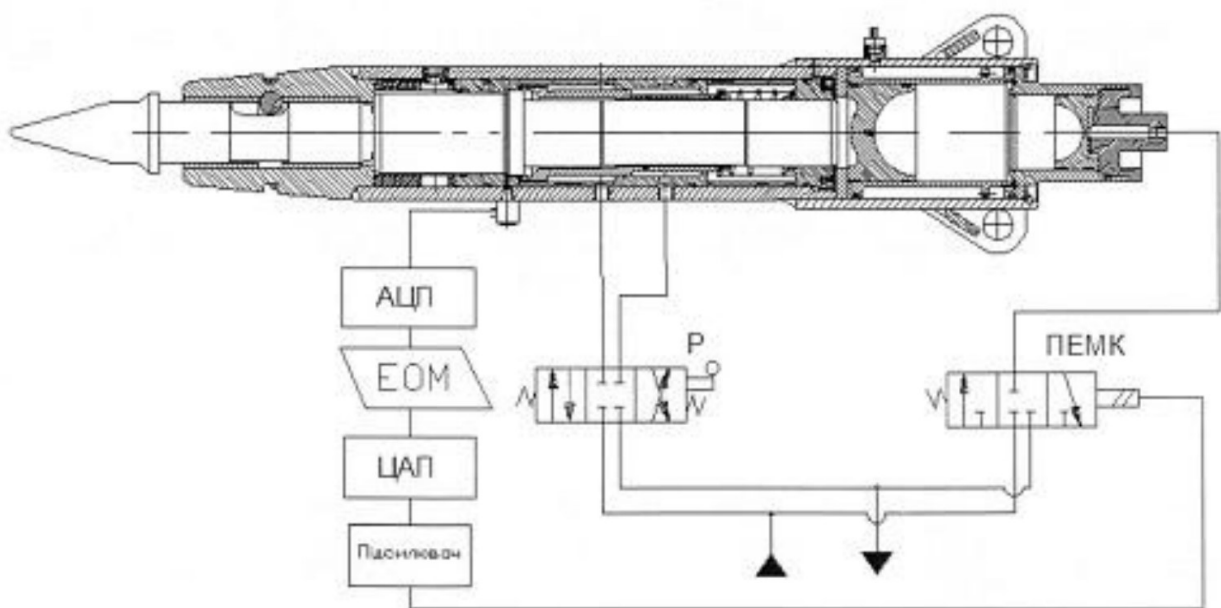


Рисунок 3.3 – Система адаптивного керування гідромолотом

Пілотний електромагнітний клапан перемикає потік з-під торця штока блока адаптації на злив. Поршень 10 переміщається під дією газу в акумуляторі, що призводить до збільшення об'єму камери акумулятора, і відповідно, до зменшення ступеня стиснення в ньому газу, а отже і енергії зарядки акумуля-

тора. При зміні твердості масиву в бік її збільшення, зменшується тиск в камері демпфірування, спрацьовує датчик тиску, пілотний електромагнітний клапан під дією сигналу від ЕОМ переключається в положення, при якому рідина із додаткової камери переміщається на злив.

Недоліком такої системи є система зворотного зв'язку за показанням датчика тиску в камері демпфірування руху бойка в кінці робочого ходу, оскільки тиск в цій камері не прямо пов'язаний з переміщенням інструменту в гірській породі.

Запропонована модернізація системи адаптивного керування (рис. 3.4) з передачею на контролер інформації від датчика переміщення (ДП), що відповідає діагностиці положення інструмента в режимі реального часу

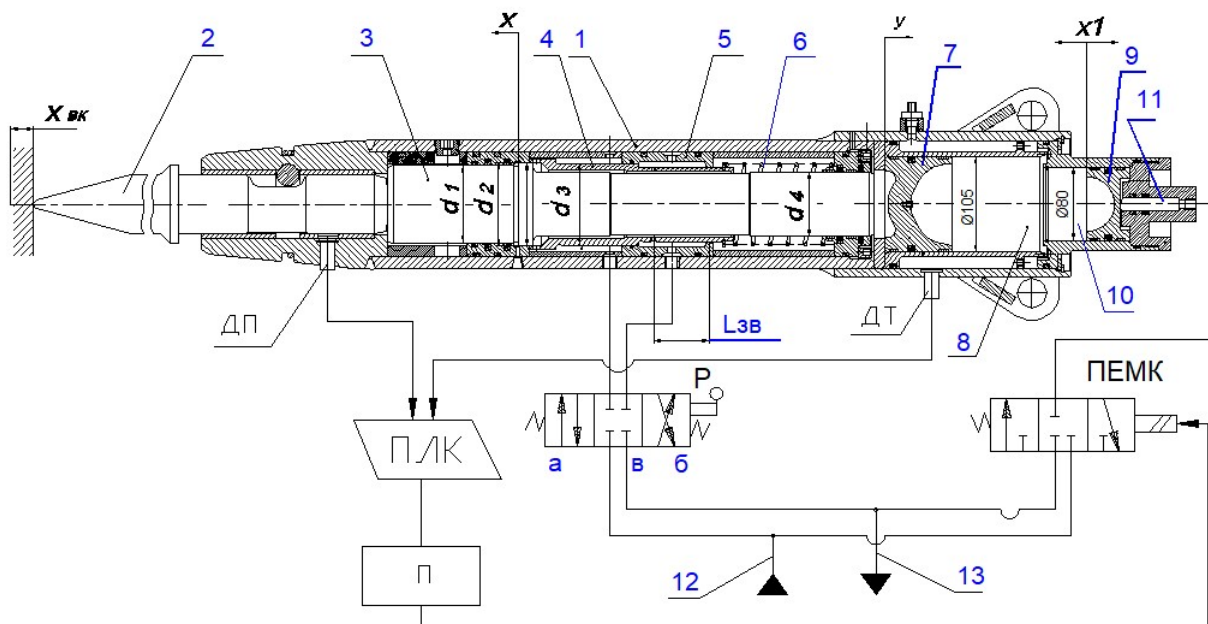


Рисунок 3.4 – Модернізована система адаптивного керування енергією удару гідромолотом: 1 – корпус, 2 – інструмент, 3 – бойок, 4 – клапан, 5 – втулка, 6 – пружина, 7 – поршень пневмоакумулятора, 8 – камера пневмоакумулятора, 9 – поршень боку адаптації, 10 – камера адаптації, 11 – шток лінії керування, 12 – лінія нагнітання, 13 – лінія зливу, ДП – датчик переміщення, ДТ – датчик тиску, ПЛК – програмований логічний контролер, Р – розподільувач трьохпозиційний (позиції: а – робоча, б – промивальна, в – нейтральна). ПМК – пілотний електромагнітний клапан

3.3 Елементи системи адаптації: датчики тиску та переміщення

Новим в системі є застосування датчика тиску в камері пневмоаккумулятора, що підвищує точність адаптації системи до умов робочого середовища.

Одним з можливих для застосуванні в системі (рис.3.4) рекомендується цифровий перетворювач “DSP–01” призначений для безперервного перетворення тиску (абсолютного чи надлишкового) або різниці тисків середовища в уніфікований вихідний сигнал постійного струму 4-20 мА [14]. Перетворювач має герметичний захищений металевий корпус і цифровий дисплей який у реальному часі показує значення тиску середовища. Перетворювач оснащено цифровим HART інтерфейсом, що дозволяє отримувати дані про тиск середовища як у аналоговому (4-20мА) так і у цифровому вигляді по тій самій дводотовій лінії.

Основні характеристики перетворювача тиску “DSP–01”:

- Вихідний сигнал постійного струму 4-20 мА
- Виконання: надлишковий, абсолютний, різниця тисків, розрідження
- Діапазон вимірювань тиску: від 0 до 25 МПа (на замовлення)
- Клас точності перетворювачів: 0.25 (на замовлення від 1.5 до 0.1)
- Споживана потужність: не більше 1.0 ВА
- Ступінь захисту корпусу IP54
- Живлення від 12 до 36 В
- Цифровий HART інтерфейс

В якості безконтактного цифрового датчика переміщення рекомендовано датчики виробництва фірми Carlo Gavazzi (Італія) або Autonics (Корея) [15].

Ці безконтактні датчики— це основа сучасної автоматизації процесів виробництва, зберігання та розподілу. Індуктивні, ємнісні та фотоелектричні датчики виробництва Carlo Gavazzi (Італія) та Autonics (Корея) дозволяють визначати положення об'єкта, відстежувати його переміщення по виробничому процесу.

Датчики виробництва Leuze (Німеччина) призначені для вирішення більш вузьких завдань, які не можна вирішити стандартними датчиками. Це датчики ідентифікації предмета, позиціонування його за контрастною міткою, штрих-кодом або абсолютною відстанню від датчика, системи безконтактної передачі даних, системи забезпечення безпеки на виробництві. А також системи машинного зору — автоматичного візуального контролю за якістю продукції.

Висновки за розділом

1. Встановлено, що адаптивний гідромолот відрізняється від традиційного гідромолота тим, що має додаткову електрогідравлічну систему керування адаптацією енергії удару до технологічних умов руйнування вибою.

2. Недоліком відомих конструкцій і систем є те, що в них система зворотного зв'язку за показанням датчика тиску в камері демпфірування руху бойка спрацьовує тільки в кінці його робочого ходу, а оскільки тиск в цій камері не прямо пов'язаний з переміщенням інструменту в гірській породі то не реалізується відслідковування за положенням інструменту на протязі всього його переміщення в ґрунті.

3. Запропонована модернізація системи адаптивного керування з передачею на контролер інформації від датчика переміщення, що відповідає діагностиці положення інструмента в режимі реального часу.

4. Обрані типи та наведені характеристики датчиків тиску та переміщення, які можливо використати в запропонованій системі адаптивного керування.

5. Одним з можливих для застосування в системі адаптації рекомендується цифровий перетворювач "DSP-01" призначений для безперервного перетворення тиску (абсолютного чи надлишкового) або різниці тисків середовища в уніфікований вихідний сигнал постійного струму 4-20 мА

6. В якості безконтактного цифрового датчика переміщення рекомендовано датчики виробництва фірми Carlo Gavazzi (Італія) або Autonics (Корея).

4. Дослідження функціонування адаптивного гідромолота та обґрунтування його параметрів

4.1. Циклограма функціонування адаптивного гідромолота

Електрогідравлічний сервопривод, який пропонується, в якості основної системи, керування функціонуванням адаптивного гідромолота, забезпечує винятково швидку реакцію робочих органів машини на керуючі команди оператора або автоматичні команди ПЛК. Оскільки, ударний елемент гідроімпульсної системи (ГІС) – гідромолот є змінним робочим органом гідравлічних екскаваторів і в даному випадку застосовується в будівництві станції метрополітену відкритим способом., Проблема вибору його параметрів, враховуючи швидкозмінність при переходах від однієї фази до іншої, нелінійність процесів його функціонування, пов'язані з ефективністю моделювання та інтегрування жорсткої системи диференціальних рівнянь. Моделювання процесу функціонування з урахуванням енергорозподілу в межах фаз за циклограмою руху ударного елемента - бойка дозволяє встановити раціональні параметри функціонування гідромолота.

На сьогодні, в практиці моделювання машин ударної дії все більше уваги приділяється взаємодії основних елементів бойка та інструмента з гірською породою.

Як підкреслюється дослідниками з цієї проблеми [16, 17], визначення раціонального розподілу енергії гідроприводу базової машини та значень параметрів гідромолота дозволяє встановити раціональний режим його функціонування та реалізувати його адаптацію до умов робочого середовища.

На рис. 3,4 наведена схема системи керування адаптивного гідромолота, а на рис.4.1 наведена циклограма його функціонування. траєкторія зміни енергії зарядки пневмоакумулятора і його розрядки: 0-1-2-3-4-5-6 є інтегральною характеристикою гідромолота без зміни об'єму пневмоакумулятора тобто – без підключення блоку адаптації (рис. 4.1) . Траєкторія зміни енергії зарядки і роз-

рядки при підключення блоку адаптації характеризується полем стану між траєкторіями 0-1-2-3-4-5-6 та 0-1-2-3'-4'-5'-6'.

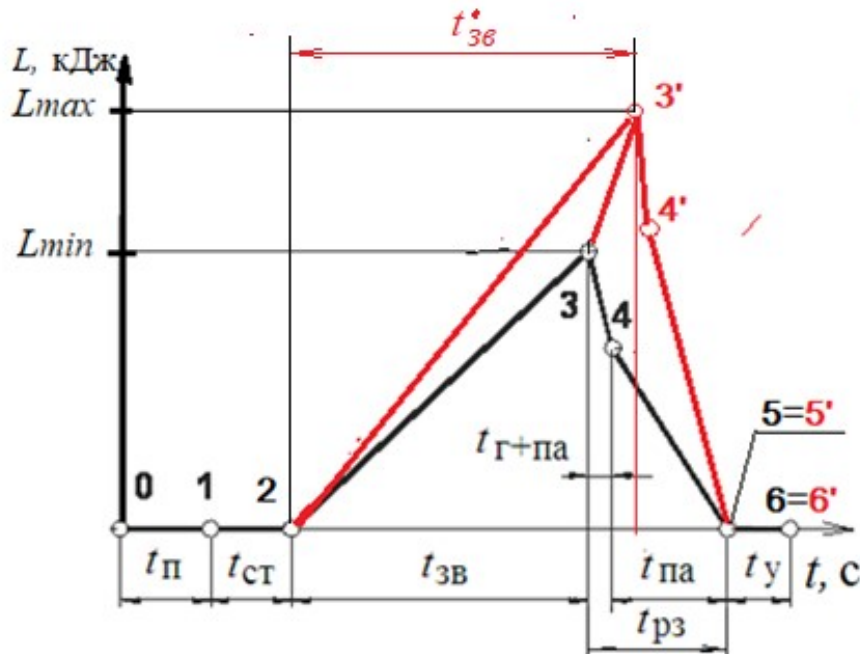


Рисунок 4.1 – Циклограма зміни енергії в процесі руху бойка адаптивного гідромолота

Характеристики фаз: 0-1 – підтискування маніпулятором екскаватора інструмента гідромолота до породного масиву за час $t_{\text{п}}$; 1-2 – стиснення робочої рідини в камері зведення до величини, необхідної для початку руху спряжених бойка і клапана, які діють на поршень акумулятора за час $t_{\text{ст}}$; 2-3 – переміщення спряжених бойка, клапана і поршня за величину $l_{\text{зв}}$, яке супроводжується зарядкою пневмоакумулятора; 3-4 – реверс бойка з розстикуванням спряжених бойка і клапана під дією гідроудару в камері реверсу. Прискорений розгін бойка від комбінованої дії гідроприводу та пневмоакумулятора характеризується часом $t_{\text{г+па}}$; 4-5 – розгін бойка з повним переміщенням тільки від дії пневмоакумулятора за час $t_{\text{па}}$; 5-6 – удар бойка по інструменту і передача енергії в гірський масив за час $t_{\text{у}}$.

Фаза 2-3 пов'язана з рухом бойка, клапана і поршня, який супроводжується зарядкою акумулятора за час $t_{\text{зв}}$. В процесі руху рідина з камери 13 витісняється через радіальний отвір 5 в клапані 4 в зливну магістраль через ка-

меру зливу 12. В кінці цієї фази отвір 5 різко перекривається кромкою втулки 6, і в камері 13 виникає гідроудар, що призводить до роз'єднання спряжених бойка 2 і клапана 4.

Зміщення точки 3' відносно точки 3 і, відповідно, збільшення часу зведення пов'язано зі збільшенням опору пневмоакумулятора, оскільки тиск початкової його зарядки збільшується при зменшенні об'єму камери пневмоакумулятора.

Нижче наводяться математичні залежності, які характеризують процес зарядки пневмоакумулятора [15] у відповідності до фаз, відображених на траєкторіях циклограми (рис. 4.1).

Фаза 1-2

Подача рідини в камеру зведення з установкою розподільвача в робоче положення і стиснення рідини в камері зведення до величини яка перевищує опір акумулятора.

Умова зчеплення бойка і клапана $d_3 > d_2$ (рис.4.2).

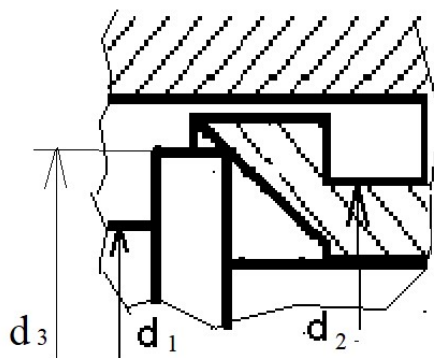


Рисунок 4.2 – Схема процесу зведення спряжених бойка і клапана

фаза 2-3 і фаза 2-3'

Умова початку зведення $d_2 > d_1$.

Зведення бойка спряженого з клапаном, характеризується інтенсивною зарядкою пневмоакумулятора, яка пов'язана з політропічним процесом стиснення газу в пневмоакумуляторі.

На початку зведення в камері зведення від подачі робочої рідини піднімається тиск. Цей тиск діє на площу зведення, в результаті чого виникає сила

зведення N_{36} , яка більша сили опору з боку пневмоаккумулятора і тоді спряжені бойок і клапан рухаються, а пневмоаккумулятор заряджається.

Площа зведення буде:

$$F_{36} = \frac{\pi \cdot (d_2^2 - d_1^2)}{4}$$

Підвищення тиску в камері зведення:

$$\Delta p = \frac{E_p \cdot \Delta V}{V_{кз0}}$$

де E_p - об'ємний модуль пружності рідини ($E_p = 1250 \dots 1750$ МПа – для мінерального масла); ΔV – об'єм рідини, що вливається в камеру зведення, $V_{кз0}$ – початковий об'єм камери зведення.

Сила зведення буде:

$$N_{36} = \Delta p \cdot F_{36}.$$

Умова руху поршня пневмоаккумулятора і, відповідно, зарядки буде

$$N_{36} \geq N_{ак}.$$

Пневмоаккумулятор (рис.4.3), який розташований в задній частині гідромолота являє собою окрему камеру, яка попередньо наповнюється азотом, а під час зведення бойка гідромолота він інтенсивно стискується перміщенням поршня.

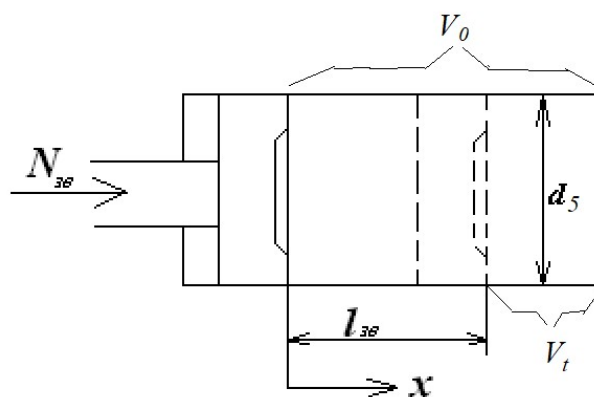


Рисунок 4.3 – Схема процесу зарядки пневмоаккумулятора

Сила опору пневмоаккумулятора на початку процесу зарядки $N_{ак} = p_0 \cdot F_{ак}.$

В процесі зарядки, робота яка затрачується гідроприводом на зведення бойка перетворюється в потенціальну енергію зарядки пневмоаккумулятора.

Сама зарядка пневмоаккумулятора (рис.4.3) пов'язана з політропічним стисненням газу в аккумуляторі за рахунок зменшення об'єму аккумулятора:

$$p_0 \cdot V_0^n = p_t \cdot V_t^n = \text{const},$$

звідки

$$p_t = p_0 \cdot \left(\frac{V_0}{V_t} \right)^n, \quad (4.1)$$

де p_0 , V_0 - відповідно початковий тиск зарядки пневмоаккумулятора та початковий об'єм камери пневмоаккумулятора; p_t , V_t - відповідно кінцевий тиск газу та кінцевий об'єм камери пневмоаккумулятора; n - показник політропи ($n = 1.2 \dots 1.5$ - для зарядки, $n = 1.3 \dots 1.6$ - для розрядки пневмоаккумулятора).

Енергія зарядки пневмоаккумулятора:

$$L = \frac{p_0 \cdot V_0}{n-1} \left(e^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right), \quad (4.2)$$

e - ступінь стиснення газу в пневмоаккумуляторі,

$$e = p_t / p_0 = \left(\frac{V_0}{V_0 - F_{ак} \cdot x} \right)^n \quad (4.3)$$

x - переміщення поршня пневмоаккумулятора при зведенні.

фаза 3-4 і фаза 3'-4'

Сумісна дія гідроудару в камері реверсу, в якій встановлена пружина 6 і пневмоаккумулятора з камерою 8 (рис.3.4) на роз'єднання спряжених бойка і клапана та реверс і розгін бойка. Точка 3 (на циклограмі рис.4.1 - роз'єднання спряжених бойка і клапана. реверс бойка. Точка 4 – дія гідроудару припиняється і далі діє тільки пневмоаккумулятор.

Тиск гідроудару визначається за відомою Жуковського:

$$p_{гв} = \rho \cdot c \cdot v,$$

де ρ – густина мінерального масла, $\rho=750...995$ кг/м³; c – швидкість звуку в мінеральному маслі, в середньому 1400 м/с; v – швидкість рідини в ліній зливу гідромолота в кінцевій фазі зведення, $v=8...10$ м/с. Відповідно, $p \approx 11$ МПа [15].

фаза 4-5 і фаза 4'-5'

Умова розгону бойка за час дії гідроудару: $d_4 < d_1$.

Потенціальна енергія зарядки пневмоакумулятора переходить в кінетичну енергію руху бойка. В точці 5 – повна розрядка акумулятора і досягнення максимального значення кінетичної енергії бойка.

Енергія удару визначається залежністю

$$E_{y\partial} = \eta \cdot L = \frac{m_{\delta} \cdot v_{\delta}^2}{2}, \quad (4.4)$$

де η – коефіцієнт корисної дії механізму розгону бойка; m_{δ} - маса бойка; v_{δ} - передударна швидкість бойка.

фаза 5-6 і фаза 5'-6'

Перехід кінетичної енергії бойка в кінетичну енергію руху інструмента в породі (інерційна складова) і потенціальну енергію деформації інструмента (хвильова складова), а далі в потенціальну енергію деформації гірського масиву, деформуючи його до величини руйнування.

4.2. Параметризація камери пневмоакумулятора адаптивного гідромолота

Для вирішення поставлених завдань та визначення енергетичних параметрів адаптивного гідромолота розглянемо параметризовану конструктивну схему гідропневмоакумулятора, яка характерна для гідромолота ГПМ-300А (рис. 4.4).

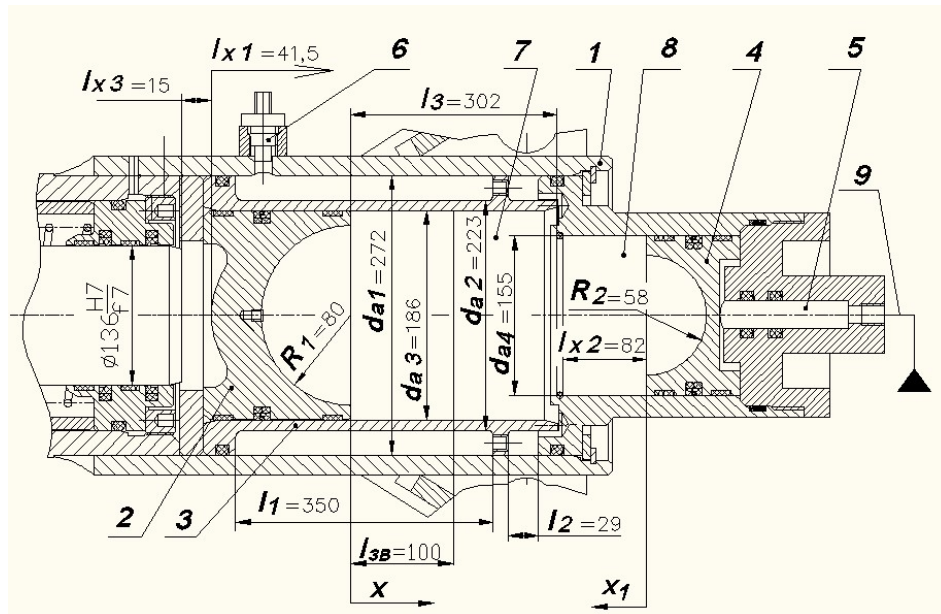


Рисунок 4.4. – Параметризована схема
гідропневмоакумулятора адаптивного гідромолота ГПМ-300 А

Геометричні параметри акумулятора, характерні для гідромолота ГПМ 300А наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4. 1 – Геометричні параметри пневмоакумулятора

Позначення	Значення, м	Позначення	Значення, м
$da1$	0,272	$l1$	0,35
$da2$	0,223	$l2$	0,029
$da3$	0,204	$l3$	0,302
$da4$	0,155	$lx1$	0,0415
$R1$	0,080	$lx2$	0,082
$R2$	0,058	$lx3$	0,015

Гідропневмоакумулятор (рис.4.4) складається з корпусу 1, поршня 2, циліндра поршня 3, поршня блоку адаптації 4, плунжера 5, зарядного пристрою 6, основної 7 та допоміжної 8 камер акумулятора, керуючої гідравлічної лінії 9.

Величина вкорінення інструменту $x_{\text{вк}}$ залежить від міцності гірської породи [14]. При зменшенні міцності гірської породи, $x_{\text{вк}}$ збільшується, що реєструється датчиком переміщення інструмента і передається на програмований логічний контролер (ПЛК), обробляється, генерується керуючий сигнал, який і передається на пілотний електромагнітний клапан (ПЕМК) (рис.3.4). ПЕМК перемикає потік з-під торця штока блоку адаптації на злив.

В результаті, поршень 4 (рис.4.4) під дією газу в акумуляторі переміщується, що призводить до збільшення об'єму камери акумулятора і, відповідно, до зменшення ступеню стиснення в ньому газу, а отже і енергії зарядки акумулятора, яка визначається залежністю (4.2). З врахуванням переміщень поршня 2 в процесі зведення на величину x , а також від переміщення x_1 поршня 4, енергія зарядки, ступінь стиснення газу, та поточне значення тиску в акумуляторі відповідно запишуться:

$$L(x) = \frac{p_{ak0} V_{ak0}}{n-1} \left(e(x)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right), \quad (4.5)$$

де p_{ak0} , - початковий тиск зарядки, Па; V_{ak0} - об'єм акумулятора, м³;

n - показник політропи; $e(x)$ - ступінь стиснення газу в акумуляторі:

$$e(x) = p_a(x) / p_{a0} = \left(\frac{V_{a0}}{V_{a0} - S_n \cdot x} \right)^n, \quad (4.6)$$

$$p_a(x) = p_{a0} \cdot \left(\frac{V_{a0}}{V_{a0} - S_n \cdot x} \right)^n, \quad (4.7)$$

$p_a(x)$ – поточне значення тиску в акумуляторі, Па; S_n , – площа торця поршня 2, м².

Тоді енергія удару, яка відповідає енергії зарядки акумулятора можна записати в іншому вигляді:

$$L(x) = \frac{p_{ak0} \cdot V_{ak0}}{n-1} \left[\left(\frac{V_{ak0}}{V_{ak0} - S_n x} \right)^{n-1} - 1 \right]. \quad (4.8)$$

Якщо переміщення інструменту в породі незначне, що свідчить про підвищення міцності породи, то інформація від датчика переміщення обробляється ПЛК, генерується відповідний керуючий сигнал, який передається на пілотний електромагнітний клапан (ПЕМК). ПЕМК направляє потік нагнітання під торець поршня блоку адаптації, поршень 4 (рис.4.4) переміщується і камера пневмоакумулятора зменшується, що призводить до підвищення в ній початкового тиску зарядки і, відповідно, до підвищення енергії зарядки (4.8) і, як наслідок, до підвищення енергії удару.

Виходячи з залежностей (4.5,...,4.9) далі проведено дослідження зміни енергії удару для різних умов адаптації.

4.3. Дослідження впливу модуля адаптації на енергію зарядки.

Вхідні дані: (табл.4.1); $p_{a0} = 1,1 \cdot 10^6$ Па.

$V_{a0} = \frac{2}{3} \pi \cdot R_1^3 + \pi \cdot \frac{d_{a1}^2 - d_{a2}^2}{4} \cdot (l_1 + l_2) + \frac{\pi \cdot d_{a3}^2}{4} \cdot l_3 + \frac{2}{3} \pi \cdot R_2^3 + \frac{\pi \cdot d_{a4}^2}{4} \cdot l_{x2}$ – максимальний початковий об'єм камери пневмоакумулятора, $V_{a0} = 0,0185$ м³;

$S_n = \frac{\pi \cdot d_{a3}^2}{4}$ – площа торцевої частини поршня пневмоакумулятора,

$S_n = 0,0272$ м²; $S_{a0} = \frac{\pi \cdot d_{a4}^2}{4}$ – площа торцевої частини поршня камери адаптації, $S_{a0} = 0,0189$ м²; $n=1,2$ – показник політропи; $l_{3\phi} = 0,1$ м – величина зведення поршня пневмоакумулятора.

Мінімальні ступінь стиснення газу та енергія зарядки (без переміщення поршня блоку адаптації) визначаються залежностями

$$e_{\min} = \left(\frac{V_{a0}}{V_{a0} - S_n \cdot l_{3\phi}} \right)^n, \quad L_{\min} = \frac{p_{ak0} \cdot V_{ak0}}{n-1} \left(e_{\min}^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right) \cdot 10^{-3},$$

і у відповідності до таб.4.1 будуть

$$e_{\min}=1,21; \quad L_{\min}=3,28 \text{ кДж.}$$

Максимальна енергії зарядки (з переміщенням поршня блоку адаптації) характеризується мінімальним початковим об'ємом камери пневмоакумулятора.

Мінімальний початковий об'єм камери пневмоакумулятора при повному реалізується при повному висуванні поршня блоку адаптації:

$$V_{a0_min} = \frac{2}{3} \pi \cdot R_1^3 + \pi \cdot \frac{d_{a1}^2 - d_{a2}^2}{4} \cdot (l_1 + l_2) + \frac{\pi \cdot d_{a3}^2}{4} \cdot l_3 + \frac{2}{3} \pi \cdot R_2^3.$$

і відповідно до табл. 4.1 складає

$$V_{a0_min} = 0,0169 \text{ м}^3.$$

При цьому початковий тиск зарядки збільшується у зв'язку зі зменшенням об'єму камери:

$$p_{a0_0} = p_{a0} \cdot \left(\frac{V_{a0}}{V_{a0_min}} \right)^n,$$

і складає:

$$p_{a0_0} = 1,2219 \cdot 10^6 \text{ Па,}$$

Тоді максимальна ступінь стиснення газу і максимальна енергія зарядки визначаються:

$$e_{\max} = \left(\frac{V_{a0_min}}{V_{a0_min} - S_n \cdot l_{зв}} \right)^n; \quad L_{\max} = \frac{p_{a0_0} \cdot V_{a0_min}}{n-1} \left(e^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right) \cdot 10^{-3},$$

$$e_{\max}=1,234; \quad L_{\max}=3,684 \text{ кДж.}$$

Звідки діапазон регулювання енергії удару буде характеризуватись:

$$\Delta L = L_{\max} - L_{\min}, \quad \Delta L = 0,3983 \text{ кДж}; \quad \varepsilon = \frac{\Delta L}{L_{\max}} \cdot 100 \%; \quad \varepsilon = 10,8123 \%.$$

Виходячи з наведених залежностей і даних табл.4.1 в системі Mathcad виконані розрахунки та побудовані графіки залежностей, при зміні переміщення поршня пневмоаккумулятора в межах $x=0,...,0,1$ м з кроком 0,01 м.

$$e_{\min}(x) = \left(\frac{V_{a0}}{V_{a0} - S_n \cdot x} \right)^n, \quad L_{\min}(x) = \frac{p_{a0} \cdot V_{a0}}{n-1} \left(e_{\min}(x)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right) \cdot 10^{-3}, \quad (4.10)$$

$$e_{\max}(x) = \left(\frac{V_{a0_min}}{V_{a0_min} - S_n \cdot x} \right)^n; \quad L_{\max}(x) = \frac{p_{a0_0} \cdot V_{a0_min}}{n-1} \left(e_{\max}(x)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right) \cdot 10^{-3},$$

Отримані графіки відображені на рис. 4.5.

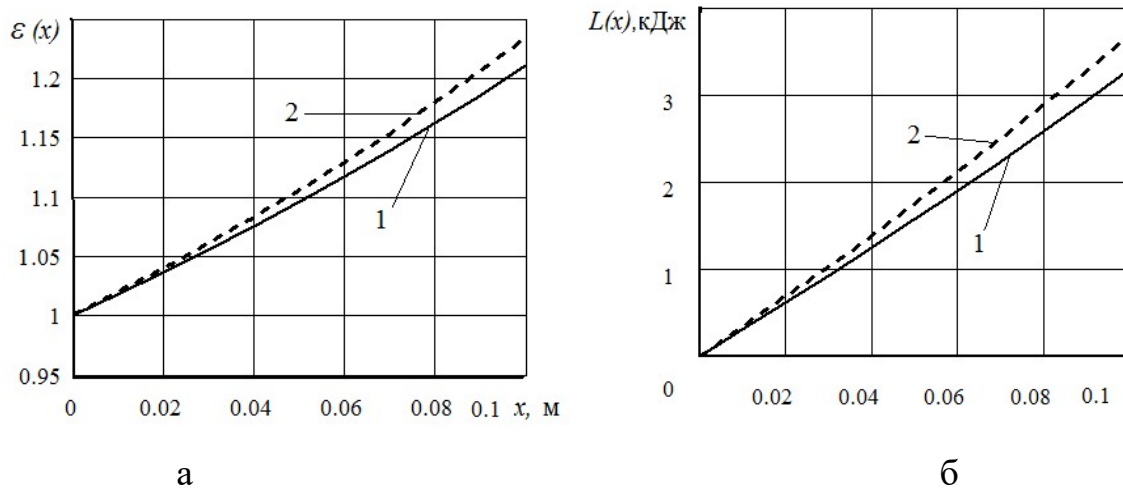
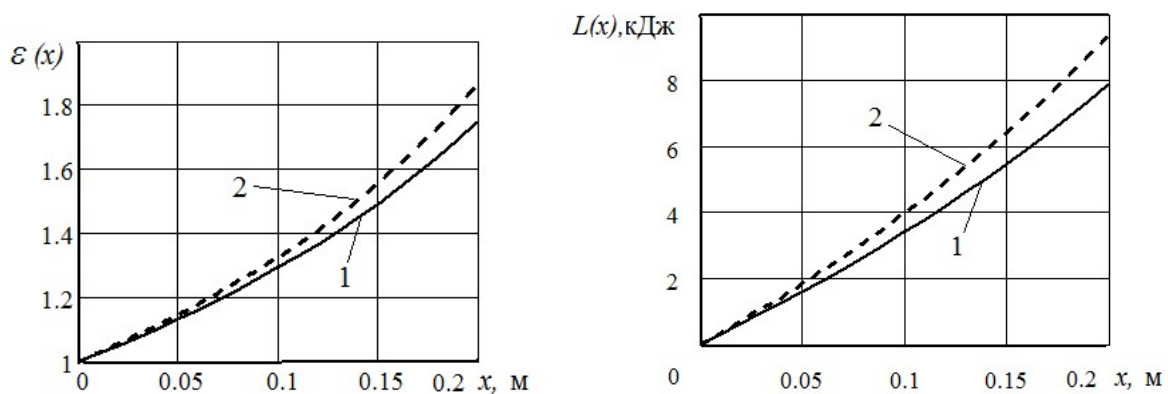


Рисунок 4.5 – Графіки зміни ступеню стиснення газу (а) та енергії зарядки (б) для $x=0,...,0,1$: 1 – мінімальні значення; 2 – максимальні значення

Для збільшеного ходу поршня пневмоаккумулятора в межах $x=0,...,0,2$ м з кроком 0,01 м за залежностями (4.10) отримані графіки рис.4.6.



а

б

Рисунок 4.6 – Графіки зміни ступеню стиснення газу (а) та енергії зарядки (б) для $x=0, \dots, 0,2$: 1 – мінімальні значення; 2 – максимальні значення

Як випливає з графіків рис.4.5, 4.6, при збільшеному ході поршня в процесі зарядки збільшуються ступінь стиснення газу та енергія зарядки і, відповідно, підвищується ефективність блоку адаптації.

$$L_{\max}(0,2)=8,3293 \text{ кДж}; \quad L_{\min}(0,2)=7,3337 \text{ кДж};$$

$$\Delta L(0,2) = L_{\max}(0,2) - L_{\min}(0,2); \quad \Delta L(0,2)=0,9957 \text{ кДж};$$

$$\varepsilon(0,2) = \frac{\Delta L(0,2)}{L_{\max}(0,2)} \cdot 100 \%; \quad \varepsilon(0,2)=11,95\%.$$

Висновки за розділом

1. Розроблена циклограма зміни енергії в процесі руху бойка адаптивного гідромолота з незначним збільшенням часу повної зарядки пневмоаккумулятора в процесі адаптації, що пояснюється більшим опором пневмоаккумулятора через зменшення об'єму його камери і, відповідно, збільшенням тиску початкової зарядки.

2. Встановлений діапазон регулювання енергії удара гідромолота з енергією зарядки (удара) 3,684 кДж в межах 10,8123%, для гідромолота з енергією зарядки (удару) 8,329 кДж в межах 11,95%.

3. Встановлено, що із збільшенням енергії удару і збільшенням ступеню стиснення газу в камері пневмоаккумулятора нелінійність залежності від величини зведення бойка стає більш помітною.

5. Розробка стартап проекту “адаптивний гідромолот”

Гідромолоти є одними з найпоширеніших інструментів для руйнування твердих матеріалів. Однак, в процесі роботи гідромолоту змінюються характеристики вибою, які можуть призводити до перевитрати енергії на руйнування або, навпаки, може виявитись не достатньо цієї енергії для забезпечення активного руйнування масиву. Блок адаптації до умов робочого середовища включає додатковий поршень, який керується електрогідроприводом з командним програмованим логічним контролером.

5.1. Актуальність розроблення системи

Таблиця 5.1. Актуальність та новизна ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Переваги та вигоди споживача
Використання у методі ‘стіна в ґрунті’ адаптивного гідромолоту	1.Будівництво	Пришвидшене будівництво,зручність використання у роботі
	2. Гірничя промисловість	Збільшення продуктивності і зменшення аварій
	3. Сільське господарство	Збільшення продуктивності і терміну служби

5.2 Аналіз конкурентного середовища

Конкурентне середовище для нашого стартап проекту є відносно слабким.

На ринку представлені лише кілька компаній, які розробляють і виробляють гасники для гідромолотів. (Caterpillar, Epiroc, Sandvik)

Усі вони є виробниками гідромолотів і гасників до них.

Порівняльні техніко-економічні характеристики наведено в табл. 4.2

Таблиця 5.2. Переваги ідеї проекту

№ п/ п	Характеристика	Стартап про- ект	Конкурент1	Конкурент2
1.	Ефективність	Висока	Висока	Середня
2	Функціональність	Середня	Висока	Висока
3	Безпечність	Середня	Середня	Середня
4	Модульність	Висока	Середня	Середня

5.3. Обґрунтування ресурсного забезпечення проекту

Узагальнені величини необхідних капіталовкладень на реалізацію проєкту наведено в табл. 5.3.

Таблиця 5.3. Обґрунтування капіталовкладень на реалізацію проекту

Статті капіталовкладень	Величина, грн.
Прямі матеріальні затрати	531 120
– витрати сировини й матеріалів за винятком повернених відходів	400 000
– витрати купівельних напівфабрикатів та комплектуючих виробів	100 000
– витрати палива й енергії	20 000
– витрати на запасні частини	9620
– інші матеріальні витрати	1500
Прямі затрати на оплату праці працівників	61 000
– заробітна плата за ставками і тарифами виробничих працівників	61 000
– премії, заохочення, компенсаційні виплати виробничих працівників	0
– оплата відпусток виробничих працівників	0

– інші витрати невідпрацьованого часу виробничих працівників	0
Соціальні відрахування до Пенсійного фонду – 22% по заробітній платі виробничих працівників	13 420
Вартість основних фондів та нематеріальних активів виробничого призначення	4 140 000
– початкова вартість задіяних у виробничому процесі основних засобів та необоротних нематеріальних активів (разом із транспортуванням, установкою та демонтажем)	4 140 000
Інші прямі витрати:	104 000
– витрати на дослідження та розробку інноваційних продуктів	12 000
– витрати на послуги сторонніх підприємств (охорона, реклама оренда тощо)	24 000
– витрати на оплату комунальних послуг	10 000
– повернення кредитів (інвестицій) та їх обслуговування	0
– прямі інші витрати	58000
Загальновиробничі витрати	11000
– Оплата праці управлінського персоналу	0
– витрати на основні засоби та нематеріальні активи	0
– витрати на опалення, освітлення, водопостачання, водовідведення та інше утримання виробничих приміщень	11000
– витрати на охорону праці, техніку безпеки і охорону довкілля	0
– інші загальновиробничі витрати	0
Всього капіталовкладень на реалізацію проекту	4 860 540

5.4. Види діяльності та партнери

Узагальнену інформацію про основні види діяльності та про основних партнерів наведено в табл. 5.4 і 5.5 відповідно

Таблиця 5.4 – Основні види діяльності

Діяльність	Опис	Результат
Будівництво	Підготовка траншей та форшахт	Трекінгова установка
Маркетинг	Реклама діяльності	Напрацювання клієнтської бази
Сервісне обслуговування	Обслуговування техніки, підтримка її у належному стані	Технічне обслуговування робочих машин

Таблиця 5.5. Прямі матеріальні витрати

№ п/п	Назва ресурсу	Одиниця вимір.	Ціна	Кількість ресурсу	Потреба на місяць
1.	Витрати сировини й матеріалів	грн.	13400	30	400000
2	Витрати купівельних напівфабрикатів та комплектуючих виробів	грн.	33300	30	100000
3	Паливо	грн./л.	50	400	20000
4	Електроенергія	грн. за квт/год	2.6	3700	9620
5	Комунальні послуги	грн./м ³	20	75	1500
6	МНМА				
Всього:					531120

5.5. Витрати на оплату праці

Таблиця 5.6. Структура персоналу та ФОП, тис. грн.

Посада	Форма оплати	Кількість працівників	Заробітна плата (грн.)		
			за місяць	за квартал	за рік
Виробничий персонал					
Менеджер	ставка	1	20000	60000	240000
Інженер	ставка	1	22000	66000	264000
Продавець	ставка	1	19000	57000	228000
Всього			61000	183000	732000
Соціальні відрахування до Пенсійного фонду (22%)			13420	40260	161040
ФОП			74420	223260	893040

5.6. Обґрунтування вартості задіяних основних фондів та амортизаційних відрахувань

Таблиця 5.7. Обґрунтування вартості амортизаційних відрахувань основних фондів підприємства на 2023 рік, тис. грн

Назва об'єкта основних фондів	Кількість, шт.	Вартість на початок року, грн.	Річна норма амортизації, %	Амортизаційні відрахування в поточному році, грн.
				За рік
1	2	3	4	5
Бетонозмішувач	1	760000	20	152000
Екскаватор	1	2600000	20	520000
Кран ККТС	1	750000	20	150000
Система освітлювання	1	30000	16	4800
Всього	4	4140000		826800

5.7. Інші прямі витрати

Таблиця 5.8. Обґрунтування прямих інших витрат

Види послуг	Джерело даних	Вартість послуг, грн	
		на місяць	на рік
Охорона	Угода	4000	48000
Реклама	Угода	10000	120000
Оренда	Угода	10000	120000
Транспортні витрати	Розрахунки	50000	600000
Дослідження і розробка	Розрахунки	12000	144000
Інвестиції та обслуговування	Розрахунки	8000	96000
Всього:		94000	1128000

5.8. Умовно-змінні витрати

Таблиця 5.9. Умовно-змінні витрати підприємства

Статті витрат	Джерела даних	Витрати (тис.грн.)	
		на місяць	на рік
1. Прямі матеріальні витрати	табл.5.5	531,120	6373,440
2. ФОП виробничий персонал	табл.5.6	74,420	893,040
Всього:		605,540	7866,48

5.9. Умовно-постійні витрати

Умовно-постійні витрати зведені до табл.5.10

Таблиця 5.10. Умовно-постійні витрати підприємства

Статті витрат	Джерела даних	Витрати, тис.грн	
		на місяць	на рік
1. Амортизаційні відрахування	табл. 5.7	68.9	826.8
2. Охорона	табл. 5.8	20	240
всього:		443.9	5326.8

5.10. Собівартість інноваційної ідеї стартап-проекту

Собівартість інноваційної ідеї складається з умовно-змінних та умовно-постійних витрат; наведена в табл. 5.11.

Таблиця 5.11. Розрахунок накладних витрат підприємства, тис. грн.

Показники	Джерела даних	На місяць	На рік
1. Умовно-постійні витрати, тис. грн.	табл. 15	443.9	5326.8
2. Частка випуску продукції у загальному обсягу виробництва, %	обґрунтування	100	100
3. Накладні витрати, тис. грн.	стр.1 * стр.2 / 100%	443.9	5326.8

5.11. Визначення рівня прибутковості

Обґрунтування рівня прибутковості наведено в табл. 5.12.

Таблиця 5.12. Обґрунтування собівартості товару (послуги), грн.

Статті витрат	Джерела даних	Витрати, тис.грн	
		на місяць	на рік
1. Умовно-змінні витрати	табл. 14	605.540	7866,48
2. Умовно-постійні (накладні) витрати	табл.5.10	443.900	5326.8
3. Собівартість	стр.1+стр.2	1049.440	12593.280

5.12. Обґрунтування вартості виробництва інноваційної техніки (технології)

Таблиця 5.13. Обґрунтування вартості та ціни

Статті витрат	Джерело даних	Одиниці вимірювання	Значення показників
1. Собівартість одиниці товару (послуги)	табл. 5.12	грн.	1049440
2. Норма рентабельності		%	20
3. «Нормальний» питомий прибуток	п.1 * п.2 / 100%	грн.	209888
4. Вартість виробництва одиниці продукції	п.1 + п.3	грн.	1259328
5. ПДВ	п.4*0,2	грн.	251865
6. Відпускна ціна товару (послуги)	п.4+п.5	грн.	1511193

5.13. Цільові групи потенційних споживачів

Таблиця 5.17. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п / п	Опис цільової групи потенційних клієнтів	Попит цільової групи	Конкуренція у сегменті	Складність входу в категорію
1	Будівельні компанії	Збільшення ефективності	Є три достатньо великих конкурента	Із допомогою державних програм та власного інтересу виробників
2	Гірничі підприємства	Збільшення ефективності	Прямих конкурентів немає	Із допомогою державних програм та власного інтересу виробників

5.14. Бізнес-модель проекту (обладнання, технології)

Таблиця 5.16. Структура бізнес моделі обладнання (технології)

Ключові партнери КП "Київський метрополітен" ПРАТ“МЕТРОБ УД” ТОВ “ОХОРОН-НЕ АГЕНСТВО КАСКАД”	Ключові види діяльності Будівництво методом стіна в ґрунті, впровадження керованого динамічного гасника коливань	Цінність пропозиції Застосування гасника коливань у гідромототі	Взаємовідносини з клієнтами Моніторинг Підтримка Обслуговування	Споживчі сегменти Вітчизняні компанії; Іноземні компанії
Структура собівартості 1.Витрати разові (капітальні): 2.Витрати постійні: 3.Витрати змінні:			Потоки надходження доходу Продаж модернізованого обладнання; Розробка та модернізація наявних пристроїв; Обслуговування та ремонт проданого обладнання.	

Висновки за розділом

Конструкція адаптивного гідромолота запатентована. Це забезпечує компанію - розробника захистом від конкурентів. Команда проекту складається з досвідчених фахівців у галузі гідравліки та вібротехніки. Це гарантує успішну реалізацію проекту.

Фінансування проекту буде здійснюватися за рахунок власних коштів засновників та залучення інвестицій від венчурних фондів. Очікується, що проект буде успішним і дозволить компанії зайняти значну частку ринку адаптивних гідромолотів.

Отже, адаптація для гідромолоту має потенціал для значного підвищення ефективності та безпеки у різних галузях промисловості та будівництва.

Таблиця 5.17. Узагальнюючі техніко-економічні показники

Показники	Значення
Річний випуск продукції, од.	30
Капіталовкладення, тис. грн.	4860,540
Собівартість продукції, тис. грн.	1049,440
Ціна продукції, тис. грн	1511,193
Прибуток, тис. грн.	461,753
Рентабельність, %	20

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Будівництво станцій метрополітену відкритим способом дозволяє значно розширити можливості застосування будівельної та гірничої техніки, що дозволяє оптимізувати технологічний процес зведення станції метро неглибокого залягання.

2. Виходячи з аналізу статистичних даних змінних властивостей гірських порід в широкому діапазоні, встановлено, що для руйнування ґрунтів з коефіцієнтом міцності $\beta > 1$ та за скельних ґрунтів, з коефіцієнтом міцності до 16, а також враховуючи промерзання ґрунтів до значення 100 (за числом ударів ударника ДорНДІ) для підвищення продуктивності доцільне застосування ударного пристрою - гідромолота, який би адекватно реагував на змінні характеристики вибою в широкому діапазоні..

3. Наведено перелік основних машин та механізмів характерних для технології “стіна в ґрунті” та обґрунтовано застосування в реалізації технології гідравлічного екскаватора Атек 881 з гідромолотом ГПМ-300 українського виробництва.

4. Проведений аналіз технологічних умов та вимог до освітлення. Будівництво станції метрополітену відкритим способом потребує застосування різноманітних електроприймачів та, у зв’язку з присутністю на відкритих площах значної кількості людей підвищених стандартів надійності електропостачання.

5. При будівництві станції за технологією “стіна в ґрунті” слід враховувати категорію електроприймачів для прийняття раціональних рішень. На практиці серед декількох варіантів, вибирають той, що забезпечує необхідну надійність електропостачання з мінімальними витратами.

6. Проведено розрахунки електричних навантажень та сформовано спрощену схему заміщення. Обирано трансформатори, згідно заданої потужності, враховуючи, що трансформатор може працювати при навантаженні

до 30% більше номінального, з потужністю 10 кВ, тип трансформатора ТМ-630/10.

7. Проведено вибір кабельних ліній та визначення струмів КЗ в мережах напруги понад 1000 В.

8. Враховуючи складні умови експлуатації обладнання при будівництві станції метрополітену відкритим способом, у відповідності з вимогами галузевих нормативних документів, вибір електрообладнання та установок експлуатаційного захисту має свої особливості і розглядається окремо.

9. Встановлено, що адаптивний гідромолот відрізняється від традиційного гідромолота тим, що має додаткову електрогідравлічну систему керування адаптацією енергії удару до технологічних умов руйнування вибою.

10. Недоліком відомих конструкцій і систем є те, що в них система зворотного зв'язку за показанням датчика тиску в камері демпфірування руху бойка спрацьовує тільки в кінці його робочого ходу, а оскільки тиск в цій камері не прямо пов'язаний з переміщенням інструменту в гірській породі то не реалізується відслідковування за положенням інструменту на протязі всього його переміщення в ґрунті.

11. Запропонована модернізація системи адаптивного керування з передачею на контролер інформації від датчика переміщення, що відповідає діагностиці положення інструмента в режимі реального часу.

12. Обрані типи та наведені характеристики датчиків тиску та переміщення, які можливо використати в запропонованій системі адаптивного керування.

13. Одним з можливих для застосування в системі адаптації рекомендується цифровий перетворювач "DSP-01" призначений для безперервного перетворення тиску (абсолютного чи надлишкового) або різниці тисків середовища в уніфікований вихідний сигнал постійного струму 4-20 мА

14. В якості безконтактного цифрового датчика переміщення рекомендовано датчики виробництва фірми Carlo Gavazzi (Італія) або Autonics (Корея).

15. Вперше розроблена циклограма зміни енергії в процесі руху бойка адаптивного гідромолота з незначним збільшенням часу повної зарядки пневмоакумулятора в процесі адаптації, що пояснюється більшим опором пневмоакумулятора через зменшення об'єму його камери і, відповідно, збільшенням тиску початкової зарядки.

16. Вперше встановлений діапазон регулювання енергії удара гідромолота з енергією зарядки (удара) 3,684 кДж в межах 10,8123%, для гідромолота з енергією зарядки (удару) 8,329 кДж в межах 11,95%.

17. Встановлено, що із збільшенням енергії удару і збільшенням ступеню стиснення газу в камері пневмоакумулятора нелінійна залежність від величини зведення бойка стає більш помітною.

18. Конструкція адаптивного гідромолота запатентована, що забезпечує компанію - розробника захистом від конкурентів.

19. Команда проекту складається з досвідчених фахівців у галузі гідравліки та вібротехніки. Це гарантує успішну реалізацію проекту.

20. Фінансування проекту буде здійснюватися за рахунок власних коштів засновників та залучення інвестицій від венчурних фондів. Очікується, що проект буде успішним і дозволить компанії зайняти значну частку ринку адаптивних гідромолотів. Отже, адаптація для гідромолоту має потенціал для значного підвищення ефективності та безпеки у різних галузях промисловості та будівництва

Список літератури

1. Київський метрополітен» відкрив станції «Деміївська», «Голосіївська» і «Васильківська»: URL: <https://www.unian.ua/economics/transport/437962-kijivskiy-metropoliten-vidkriv-stantsiji-demijivska-golosijivska-i-vasilkivska.html> (дата звернення 12.11.23)
2. Київський метрополітен: URL: <https://uk.wikipedia.org/> (дата звернення: 18.11.23)
3. Державні будівельні норми України: Метрополітени. Основні положення. ДБН В. 2.3-7:2018/ Державне підприємство “Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій”. Київ: Мінрегіон України, 2019, 70 с.
4. Державні будівельні норми України: Споруди транспорту. Метрополітени. ДБН В.2.3-7-2010/ Державне підприємство "ПІ Укрметротунельпроект" Мінрегіонбуду України. Київ: Мінрегіонбуд України. 2011. 192 с.
5. Сліденко В.М. Шевчук С.П. Стабілізація функціонування гірничої машини з імпульсним виконавчим органом: монографія. Київ: НТУУ “КПІ”, 2010. 192с.
6. Технологія будівельного виробництва : навч. посібник / О. В. Якименко; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва. ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 410 с.
7. ДБН В.2.1-10-2009 Основи та фундаменти. Основні положення проектування. - К.: Мінрегіонбуд України, 2009 - 104с.
8. Технологія “Стіна в ґрунті” URL: <https://medium.com/@spib2014>(дата звернення: 14.11.23)
8. Екскаватори. Продаж екскаваторів нових та після капітального ремонту: URL:<https://rgs-ukraine.com.ua/ua/g97119770-ekskavatory>(дата звернення: 11.10.23)
9. Проектування електропостачання та електрообладнання машин і установок геотехнічних виробництв: Курсове та дипломне проектування [Електронний ресурс] : навч. посіб. Для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізацій «Електромеханічні та мехатронні

системи енергоємних виробництв», «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: І.С. Рябенко, О. В. Мейта. – Електронні текстові дані (1 файл: 6,78 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 244 с.)

10. С. Рябенко. Електрообладнання та електропостачання гірничих підприємств. Текст лекцій (електронна версія). Київ, НТУУ «КПІ», 2002 р.

11. С. Рябенко, С. П. Шевчук. Безпечне використання електроенергії в геотехнічних виробництвах, навч. посібник, НТУУ «КПІ», 2007, 284 с.

12. Електрообладнання та електропостачання машин і установок геотехнічних виробництв. Рябенко І. С., Погрібний В. В. Навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка». Електронний засіб навчального призначення НМУ №Е9/10-378. К: НТУУ «КПІ», 2010 р., 330 с.

13. 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 .

14. Датчик тиску DSP-01, URL: <http://grempis.com.ua/dsp/> (дата звернення: 14.11.23)

15.Безконтактні датчики (наявності об'єкту, відстані, кольору, щілинні), URL: <https://www.svaltera.ua/catalog/771/> (дата звернення: 24.11.23)

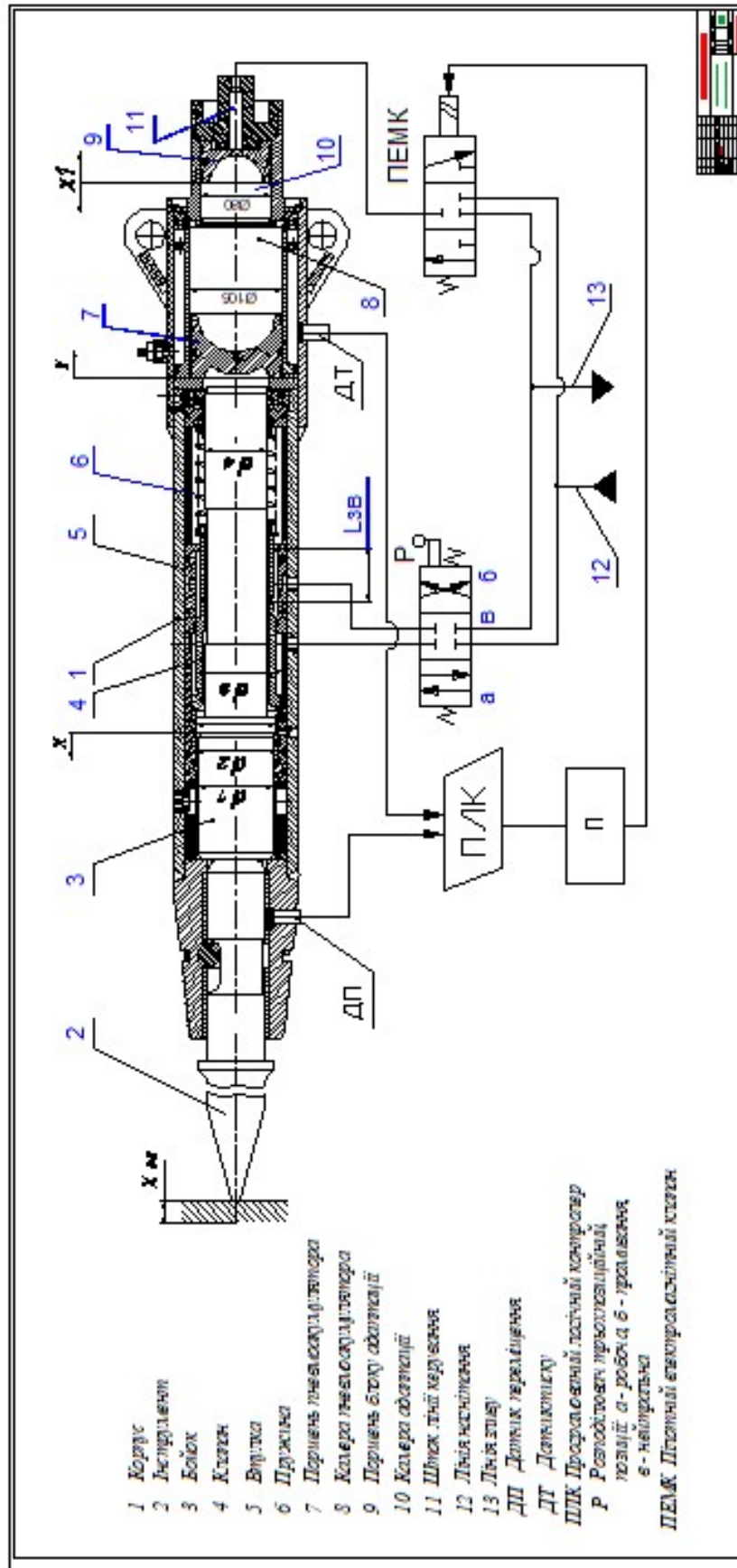
16. Сліденко В.М., Сліденко О.М. Математичне моделювання ударно-хвильових процесів гідроімпульсних систем гірничих машин: монографія. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во "Політехніка", 2018. 220 с.

17. Scientific development and achievements/[Slidenko V.M., Slidenko O.M., Chimshir V.I. et al.]. – London: Sciemsee Publishing. 2018. 404 p.

18. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

19. Що таке стартап? 2017 [online] (останнє оновлення вересень 2017) Доступно: <https://biznesua.com.ua/shho-take-startap> [Дата звернення 25.04.2018].

ДОДАТКИ



<i>Поз. познач.</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кільк.</i>	<i>Примітка</i>
1	Корпус	1	
2	Інструмент	1	
3	Бойок	1	
4	Клапан	1	
5	Втулка	1	
6	Пружина	1	
7	Поршень пневмоаккумулятора	1	
8	Камера пневмоаккумулятора	1	
9	Поршень блоку адаптації	1	
10	Камера адаптації	1	
11	Шток лінії керування	1	
12	Лінія нагнітання	1	
13	Лінія зливу	1	
ДП	Датчик переміщення	1	
ДТ	Датчик тиску	1	
ПЛК	Програмований логічний контролер	1	
Р	Розподільвач	1	
ПЕМК	Пілотний електромагнітний клапан	1	
		ОА-21мт.00.000.000	
Розроб.	ДІВЧЕНКО	Гідромолот адаптивний	
Перев.			
Н.контр.		Лист Архив 2 Архив 2	
Титул.	Складового		

[illegible]