

# ІМПУЛЬСНО-ХВИЛЬОВИЙ МУЛЬТИПЛІКАТОР ТИСКУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОНАВЧИХ ОРГАНІВ ГІРНИЧИХ МАШИН

---

## Вступ

Проблема інтенсифікації робочих процесів розробки гірських порід гірничими машинами припускає збільшення їх одиничної потужності за умови мінімізації енергетичних витрат.

Перспективним напрямком інтенсифікації є застосування впливу на робочий масив імпульсними навантаженнями, починаючи з високих амплітуд і низьких частот (гідромолот) до високочастотних низькоамплітудних діянь (віброзубці ковшів активної дії).

При цьому виникають наступні проблеми:

- застосування гідромолотів вимагає додаткових трудовитрат для виїмки й екскавації порід;
- згенерований гідромолотом імпульс має тривалість в межах 100 мікросекунд і при передачі такого імпульсу в масив з підвищеною пластичністю відбувається інтенсивне поглинання енергії удару, загасання хвильових процесів і, отже, зменшення продуктивності машини.

Застосування ковшів активної дії з віброзубцями частково усувають перераховані недоліки, але при цьому з'являються труднощі, зв'язані з неоднорідністю робочого масиву. Під час руху ковша в масиві можливі появи твердих порід, що призводить до стопоріння ковша.

З метою усунення випадків стопоріння ковша на гідравлічних екскаваторах застосовується система форсування гідроприводу включенням додаткового гідронасоса [1]. Наприклад, на екскаваторах фірми *Poklain* застосовується система *Variodyn*. Однак і в цьому випадку виникають обмеження: стійкості базової машини; робочого тиску - через зниження надійності гідроприводу, тому що високим тиском охоплюється весь гідропривід, включаючи рукави високого тиску; інерційності системи керування в ручному режимі.

Результати аналітичних досліджень

Розроблена розрахункова схема процесу копання гірського масиву на прикладі гідравлічного екскаватора ЕО-4321А (рис.1). Встановлений діапазон взаємодії виконавчого органа - ковша з гірським масивом при повному повороті ковша за допомогою гідрокінематичної системи на кут  $\varphi=162^\circ$  при радіусі ковша  $r_{цк} = 1,23$  м (для ємності ковша  $0,65$  м<sup>3</sup>).

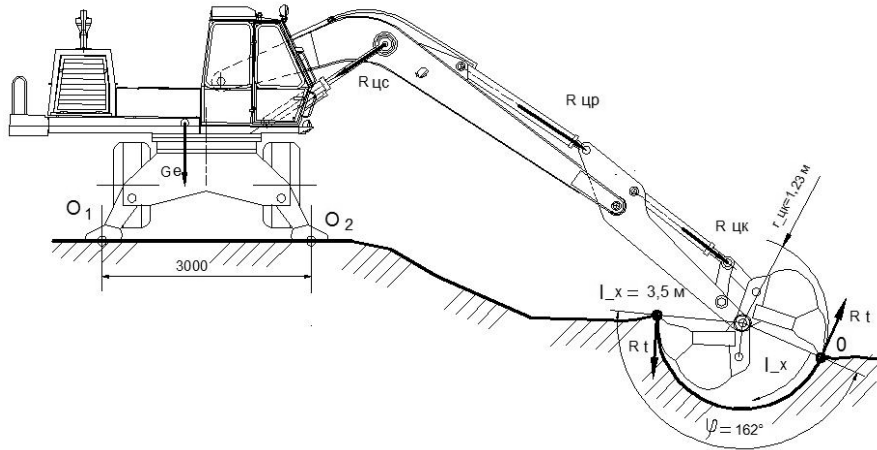


Рис. 1. Розрахункова схема процесу копання гідравлічним екскаватором

Встановлено значення тангенціальної сили різання  $R_t$  за обмеженнями: активного тиску подачі від насоса  $p_n=25$  МПа в гідроциліндрі приводу ковша з генерацією сили  $R_{цк}$  (крива 1); реактивного тиску  $p_p=32$  МПа за настроюванням запобіжних клапанів, з генерацією реакцій відповідно в циліндрах рукояті  $R_{цр}$  (крива 2) і стріли  $R_{цс}$  (крива 3); стійкості екскаватора за відновлювальним моментом сили  $Ge$  відносно характерних точок  $O_1, O_2$  - проєкцій ребер можливого перекидання екскаватора (крива 4) (рис.2). Тоді реальний тиск за встановленими обмеженнями (крива 5) характеризує корисну роботу  $A_k$  гідроприводу на переміщенні  $l_x$  зубців ковша. Відповідно втрачена робота  $\Delta A$  характеризує невикористані можливості приводу виконавчого органа.

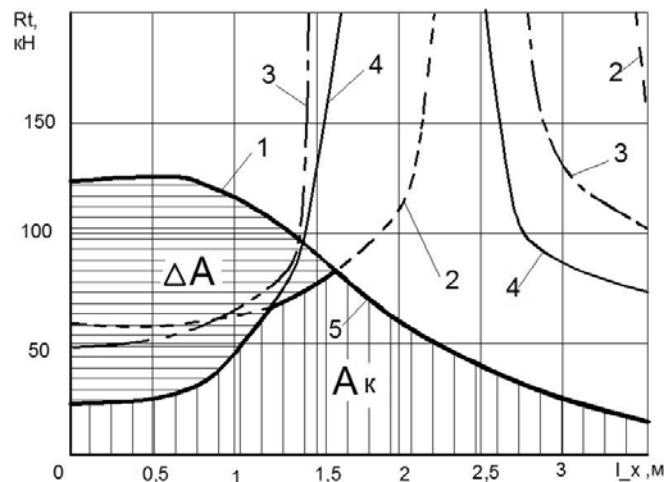


Рис.2. Характеристика сили різання за обмеженнями:

- 1 - активного тиску;
- 2, 3 – реактивного тиску в гідроциліндрах відповідно рукояті і стріли;
- 4 – стійкості екскаватора; 5 – реальна характеристика сили різання

Для відновлення характеристики (1) і зменшення втрат  $\Delta A$  необхідно зменшити вплив наведених обмежень.

Ця задача вирішується використанням додаткових ресурсів гідроприводу. Такі можливості виникають при втраті потужності в режимах стопоріння виконавчих органів, коли частина рідини через запобіжні клапани потрапляє в бак. Застосувавши додатковий споживач "втраченої рідини" -

мультиплікатор тиску, реалізовано механізм енергетизованого повернення робочої рідини в гідроциліндр приводу виконавчого органу [2]. При цьому, використавши зворотний зв'язок за тиском спеціальним пристроєм, виникли передумови до адекватного відтворення необхідної характеристики (1) (рис.2), що відповідає умовам повного викорисання роботи гідроприводу.

Для підвищення ефективності мультиплікатор може працювати в низькочастотному режимі коливань [2] або високочастотному [3]. Високочастотний режим ефективний при розробці в'язких і сипучих ґрунтів з дрібними твердими включеннями, а низькочастотний – для руйнування більш міцних ґрунтів

На рис. 3 показаний варіант реалізації низькочастотного мультиплікаторного приводу.

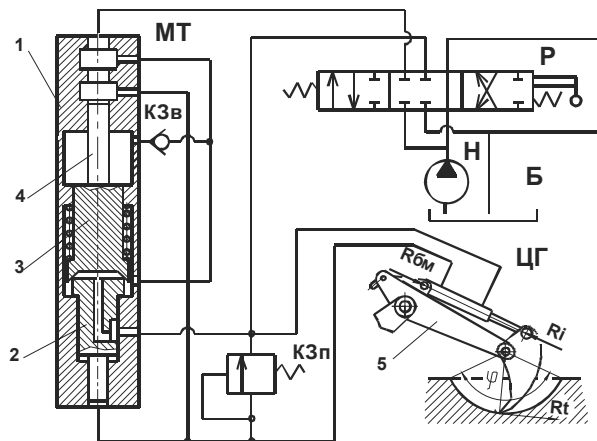


Рис. 3. Мультиплікаторний привод ковша

Привод складається з мультиплікатора тиску (МТ), насоса подачі (Н), бака робочої рідини (Б), гідророзподільника (Р), запобіжного клапана (КЗп) зворотного клапана (КЗв), гідроциліндра приводу ковша (ЦГ). Мультиплікатор тиску складається з корпусу 1, в якому співосно розташовані плунжер 2, пружинний клапан 3, шток 4. Мультиплікатор має гідравлічний зв'язок з гідроциліндром приводу ковша маніпулятора 5. Мультиплікатор працює наступним чином. При збільшенні сили опору різання  $R_t$  (рис. 3) зростає тиск в поршневій порожнині гідроциліндра ЦГ. При зростанні тиску плунжер 2, а з ним і клапан 3 переміщуються вгору. Їх переміщення регулюється пружиною, яка підтискує клапан. При досягненні в поршневій порожнині тиску певного рівня радіальний отвір в плунжері 2 досягає камери подачі в корпусі 1 мультиплікатора і під дією тиску в приводі клапан і плунжер роз'єднуються. Далі клапан перекриває канал прямої подачі рідини в поршневу порожнину гідроциліндра ЦГ і в цю порожнину подається рідина тільки через мультиплікатор шляхом витіснення рідини з нього плунжером 2. Конструктивно зроблено так, що площа торцевої частини плунжера в камері подачі більша ніж площа торцевої частини в камері мультиплікації. Тому тиск в поршневій порожнині гідроциліндра ЦГ збільшується пропорційно співвідношенню площ торців плунжера 2, що і визначає коефіцієнт мультиплікації.

#### Результати експериментальних досліджень

В НТУУ "КПІ" проведено експериментальні дослідження з застосуванням насосної установки НШ-100А-3 потужністю 66,4 кВт, робочим об'ємом 100 см<sup>3</sup>, частотою обертання 500...2400 хв<sup>-1</sup>, тиском на виході 16...21 МПа. Продуктивність в процесі досліджень змінювалась в межах  $Q=90...173,5$  л/хв. За предмет дослідження прийнятий натурний зразок мультиплікатора тиску (рис. 4) для гідравлічних екскаваторів 3-4 розмірних груп з коефіцієнтом мультиплікації 2,22. Проводилось вимірювання тиску на вході і виході мультиплікатора за допомогою датчиків тиску, манометрів тиску для дублювання вимірювань.

На рис. 5 наведено фрагмент осцилограми процесу мультиплікації (1,2 - пікові значення тисків на вході і виході мультиплікатора, 3, 4 - нульові лінії значень тиску на вході і виході).

Тиск на вході в мультиплікатор в середньому складав 11,5 МПа, а на виході - 25,5 МПа. При цьому частота коливань плунжера мультиплікатора складала в середньому 150 хв<sup>-1</sup>. Експериментально визначений коефіцієнт мультиплікації в середньому склав 2,21. Відносна похибка вимірювання складала 2,274 % в межах ймовірності довіри 0,95.

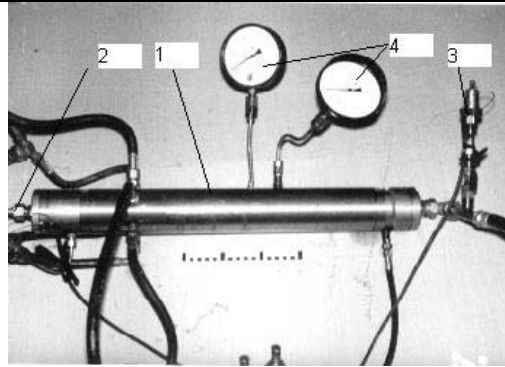


Рис.4. Проведення вимірювань тиску мультиплікації:  
 1- натурний зразок мультиплікатора тиску;  
 2, 3 – датчики тиску відповідно на вході та виході мультиплікатора;  
 4 – манометри тиску для дублювання вимірювань

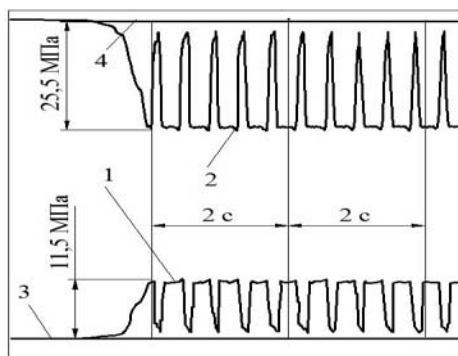


Рис.5. Фрагмент осцилограми процесу мультиплікації:  
 1, 2 - пікові значення тисків на вході і виході мультиплікатора;  
 3, 4 - нульові лінії значень тиску на вході і виході

### Висновки

Застосування мультиплікатора тиску як конструктивного доповнення до гідравлічного циліндра значно посилює його силову спроможність для випадку стопоріння ковша при руйнуванні міцного ґрунту або гірської породи.

Розроблена схема взаємодіючих мультиплікатора та гідроциліндрів приводу ковша дозволяє розподілити потужність гідроприводу та знизити енерговитрати на процес руйнування гірських порід та міцних ґрунтів. Застосування коливального режиму мультиплікації значно зменшує вплив обмежень реактивних тисків та стійкості машини на робочий процес і дозволяє підвищити енергетичні можливості гірничої машини.

Розроблено натурний зразок мультиплікатора та проведено стендові експериментальні дослідження. Встановлено амплітудні характеристики імпульсів тиску в середньому на вході в мультиплікатор - 11,5 МПа і виході - 25,5 МПа з частотою коливань в середньому  $150 \text{ хв}^{-1}$ .

Розроблений в НТУУ "КПІ" мультиплікатор тиску рекомендується до впровадження в гірничій та будівельній галузях промисловості України.

### Література

1. Сліденко В.М. Активизация гидропривода исполнительного органа экскаватора//Горн., строит., дор. и мелиор. машины: Респ. межвед. науч.-техн. сб.- 1990.-Вып.43.-С.91-96.
2. Шевчук С.П., Сліденко В.М., Лістовщик Л.К, Лесик В.С., Замараєва О.В. Пристрій для розробки міцного ґрунту або гірських порід. Патент на корисну модель. № 31225 . Бюл. № 6, 25.03. 2008 р.
3. Шевчук С.П., Сліденко В.М., Лістовщик Л.К. Пристрій для розробки міцного ґрунту або гірських порід. Патент на корисну модель. № 13788 . Бюл. № 4, 17.04. 2006 р.