

# МОДЕЛЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ МУЛЬТИПЛІКАЦІЙНОГО ПРИВОДУ ВИКОНАВЧОГО ОРГАНУ ПРОХІДНИЦЬКОГО ЩИТА

S. SHEVCHUK, O. ZAMARAJEVA

## THE MODEL FUNCTIONING MULTIPLICATION DRIVE EXECUTIVE BODY SHIELD TUNNEL

**Анотація.** Запропонована модель функціонування приводу виконавчого органу прохідницького щита з мультиплікатором тиску. Проведений аналіз ґрунтів та їх міцності, який виявив актуальність та необхідність підвищення величини сили різання. Визначене місце установки мультиплікатора тиску в гідроприводі. Синтезована система диференціальних рівнянь руху елементів трьохмасової моделі функціонування приводу виконавчого органу. Запропонований метод інтегрування системи диференціальних рівнянь за допомогою оболонки MathCad. Встановлені динамічні параметри взаємодії ковша і ґрунта при роботі мультиплікатора. Визначений характер коливального процесу. Встановлені основні параметри коливань та стабілізації робочого обладнання щита.

**Ключові слова:** мультиплікатор, виконавчий орган, маніпулятор, процес, дослідження.

**Анотация.** Предложена модель функционирования привода исполнительного органа проходческого щита с мультипликатором давления. Проведен анализ ґрунтов и их прочности, который выявил актуальность и необходимость повышения величины силы резания. Определено место установки мультипликатора давления в гидроприводе. Синтезирована система дифференциальных уравнений движения элементов трехмассовой модели функционирования привода исполнительного органа. Предложен метод интегрирования системы дифференциальных уравнений с помощью оболочки MathCad. Установлены динамические параметры взаимодействия ковша и ґрунта при работе мультипликатора. Определен характер колебательного процесса. Установлены основные параметры колебаний и стабилизации рабочего оборудования щита.

**Ключевые слова:** мультипликатор, исполнительный орган, манипулятор, процесс, исследование.

**Annotation.** The model functioning drive the executive body of the shield tunnel with pressure booster is proposed. The analysis of soils and their strength, which showed the urgency and the need to increase quantity the cutting pressure, is realized. The place putting pressure booster in the hydraulic drive is determined. System of differential equations of motion elements of three masses weight model of functioning drive executive body is synthesized. The method of integrating the system of differential equations with using shell MathCad is proposed. Dynamic parameters of interaction of the bucket and the soil when working pressure booster are proposed. The character of oscillation process is determined. The basic parameters of oscillation and stabilize the operating equipment shield tunnel are proposed.

**Key words:** cartoonist, executive branch, manipulator, process, research.

**Вступ.** Проблема енергозбереження в машинобудуванні пов'язана з проектуванням машин з мінімальними затратами потужності машини та максимальною працездатністю. Такі функції виконують машини, які адаптуються до умов робочого середовища, зокрема, машини з мультиплікаційним гідроприводом. В виробничих умовах ВАТ "Київметробуд" застосовуються прохідницькі щити Wirth з робочим обладнанням "зворотна лопата" та з роторним виконавчим органом для різання ґрунтів. За даними досліджень [1] встановлені неоднорідність та статистична змінність сил різання і подачі в процесі виконання прохідницьких операцій через змінність характеристик міцності ґрунтів. У геологічній будові Київської області беруть участь докембрійські кристалічні породи, які перекриваються осадовими відкладеннями третинної й четвертинної систем, до яких належать родовища цегельних глин [2]. Четвертинна геологічна система представлена лесом, мореними суглинками, водольодовиковими суглинками й пісками. Третинна - різноманітними глинами; палеоген представлений мергелястими блакитнуватими-сірими (спондиловими) глинами. Четвертинні відкладення мають у Київській області повсюдне поширення. Морені або валунні суглинки утворилися в результаті безпосередньої діяльності льодовика, і покривають частково північну частину Київської області. Серед глинистої сировини Київської області значне місце займають мергелясті глини віднесені до нижчетретинних відкладень Київського ярусу, відомі в літературі за назвою "спондилові глини", тому що в них утримуються спинули губок "spondylus Bucki". Ці глини являють собою щільну високодисперсну породу зеленувато-блакитнуватого кольору, що містить значну кількість тонкодисперсного кальциту. Вони відносяться до четвертої категорії немерзлих ґрунтів з числом  $C > 17$  за шкалою ударника ДорНДІ і, включно з валунними суглинками, представляють значні труднощі при їх руйнуванні з використанням повної потужності прохідницького щита.

Для підвищення ефективності робочого обладнання використовуються додаткові ресурси гідроприводу. Одним із ефективних напрямків для вирішення задачі підвищення ефективності руйнування ґрунтів є застосування в конструкції робочого обладнання мультиплікатора тиску [3], який створює умови адаптивного реагування мультиплікатора на змінні характеристики вибою. Установка мультиплікатора доцільна безпосередньо на гідроциліндрі приводу ковша прохідницького щита (рис. 1). При цьому робоче обладнання прохідницького щита, конструктивна схема якого наведена на рис.2, знаходяться в умовах динамічного навантаження [3].

**Мета роботи.** Обґрунтувати математичну модель мультиплікаційного приводу прохідницького щита та надати методику її ідентифікації інтегруванням системи диференціальних рівнянь другого порядку з застосуванням оболонки MathCad.

#### Матеріал і результати досліджень

Враховуючи необхідність обґрунтування параметрів та визначення умов стабільного функціонування маніпулятора – робочого обладнання прохідницького щита Wirth в процесі руйнування гірських порід, на основі рівняння Лагранжа другого роду, розроблена трьохмасова розрахункова схема для узагальнених координат  $x_1, x_2, x_3$  (рис. 3).

Математична модель, яка відповідає розрахунковій схемі, буде

$$\begin{aligned} \frac{d^2 x_1}{dt^2} &= -\frac{C_1}{m_1}(x_1 - x_2) - \frac{b_1}{m_1} \left( \frac{dx_1}{dt} - \frac{dx_2}{dt} \right) + \frac{p}{m_1} \sin \omega_1 t, \\ \frac{d^2 x_2}{dt^2} &= \frac{C_1}{m_2}(x_1 - x_2) + \frac{C_2}{m_2}(x_3 - x_2), \\ \frac{d^2 x_3}{dt^2} &= -\frac{C_2}{m_3}(x_3 - x_2) - \frac{C_3}{m_3} x_3, \end{aligned} \quad (1)$$

де  $C_1, C_2, C_3, m_1, m_2, m_3$  – відповідно зведені в динамічному відношенні жорсткості і маси елементів конструкції маніпулятора та гірської породи;

$b_1$  - зведений коефіцієнт дисипаційного опору гідроприводу ковша маніпулятора;

$Q = p \sin \omega_1 t$  – силове навантаження мультиплікатором тиску.

Прийmemo за початкові умови  $x_1(0) = x_2(0) = x_3(0) = 0$ , що відповідає початковому положенню елементів системи (рис.3).

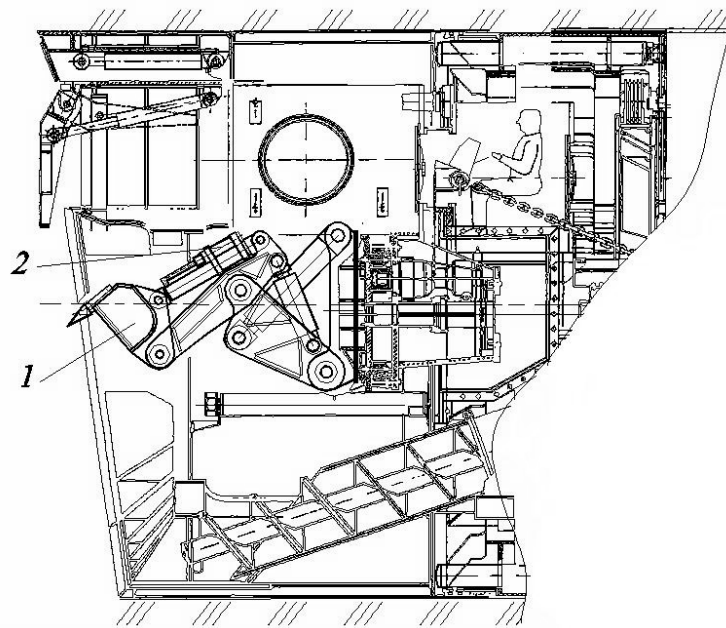


Рис. 1 Головна частина прохідницького щита WIRTH:  
 1 – робоче обладнання - зворотна лопата;  
 2 – місце установки імпульсного мультиплікатора

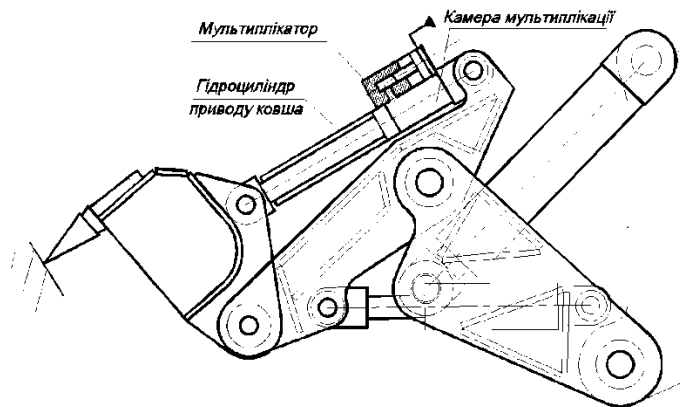


Рис.2 Конструктивна схема приводу ковша прохідницького маніпулятора.

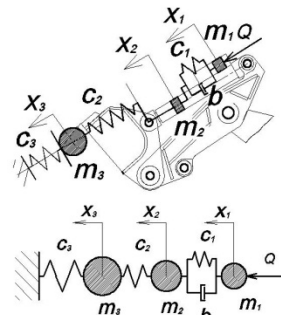


Рис. 3 Формування розрахункової схеми мультиплікаційного гідроприводу ковша

Введемо позначення (раціональні з точки зору використання спеціальних функцій системи MathCad)

$$z_0 = x_1; \quad z_1 = \frac{dx_1}{dt}; \quad z_2 = x_2; \quad z_3 = \frac{dx_2}{dt}; \quad z_4 = x_3; \quad z_5 = \frac{dx_3}{dt}.$$

Тоді система рівнянь (1) прийме вигляд

$$\frac{dz_2}{dt} = z_3; \quad \frac{dz_3}{dt} = \frac{c_1}{m_2} \cdot (z_0 - z_2) + \frac{c_2}{m_2} \cdot (z_4 - z_2); \tag{2}$$

$$\frac{dz_4}{dt} = z_5; \quad \frac{dz_5}{dt} = -\frac{c_2}{m_3} \cdot (z_4 - z_2) + \frac{c_3}{m_3} \cdot z_4.$$

Розв’язок початкової задачі за допомогою функції Rkadapt() оболонки MathCad має вигляд (рис. 4).

Частота коливань реактивного тиску в гідроциліндрах приводу рукояті і стріли відповідає частоті коливань сили різання, яка пропорційна переміщенням  $x_3$ .

Як видно з графіків (рис. 5, 6) пульсуючий режим функціонування мультиплікатора в гідроприводі виконавчого органа з частотою 10..12 Гц генерує гармонічні коливання робочого органа з частотою 40...50 Гц, що пояснюється значним впливом на процес коливань жорсткості гірської породи. Це зумовлює прискорену стабілізацію коливань в гідроприводі з адаптацією в ньому тиску до опору гірської породи (рис. 7).

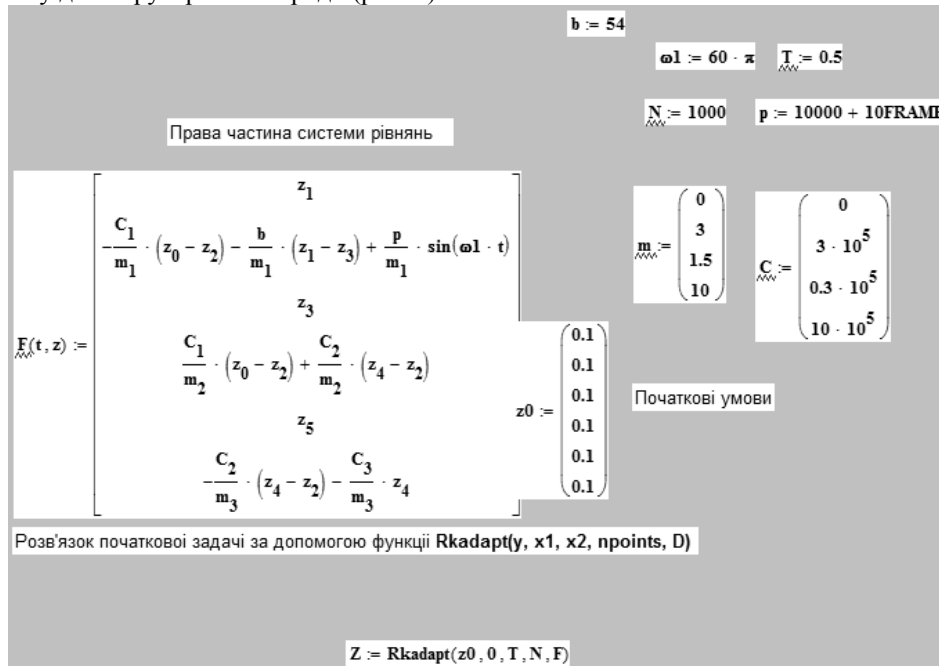


Рис. 4. Інтегрування системи (2) засобами MathCad

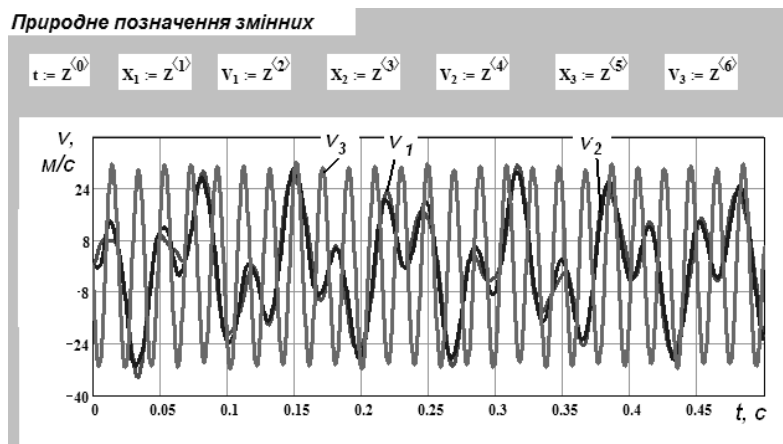


Рис. 5. Побудова графіків зміни швидкостей мас в оболонці MathCad:

- $v_1$  - штоку мультиплікатора;  $v_2$  – поршня гідроциліндра;
- $v_3$  - ріжучого інструмента (зубців ковша).

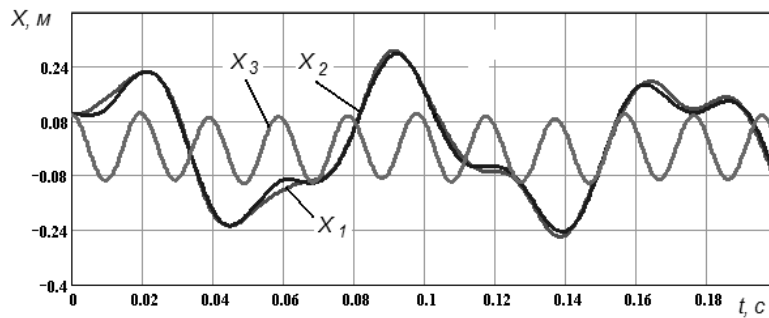
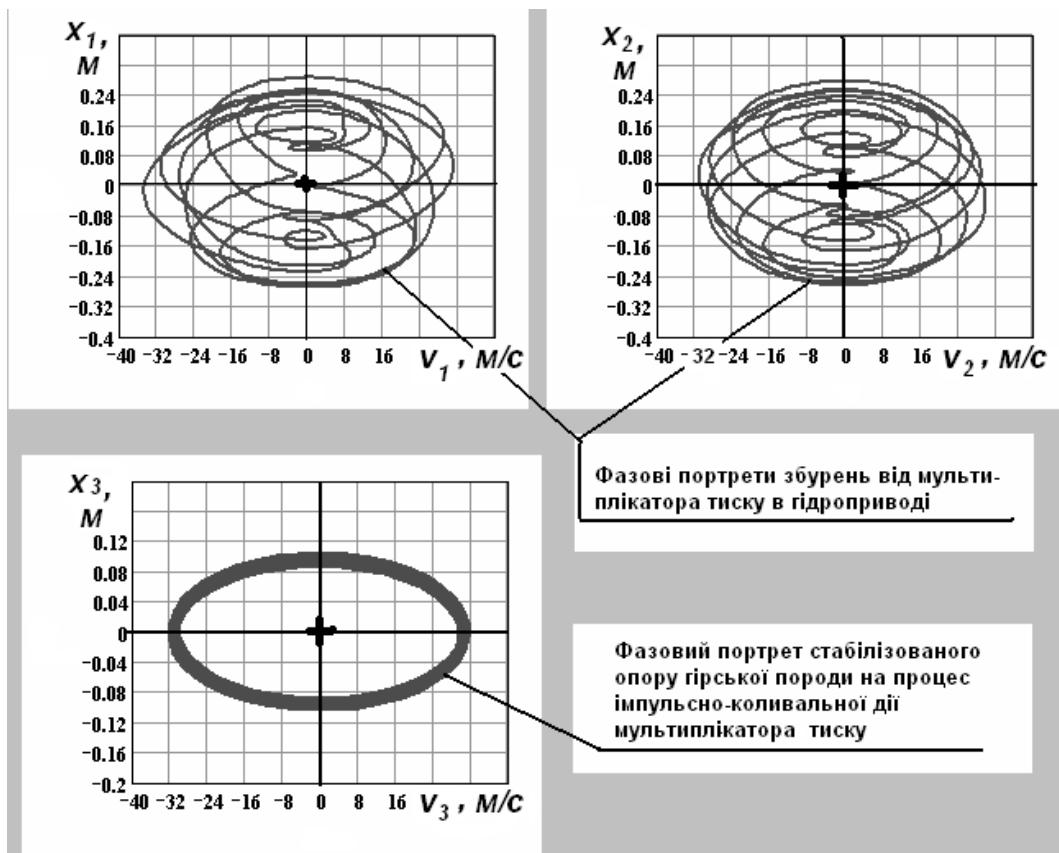


Рис. 6. Графіки переміщень:  $x_1$  – штоку мультиплікатора,  $x_2$  – поршня гідроциліндра,  $x_3$  – ріжучого інструмента (зубців ковша)



Фазові портрети збуджень від мультиплікатора тиску в гідроприводі

Фазовий портрет стабілізованого опору гірської породи на процес імпульсно-коливальної дії мультиплікатора тиску

Рис. 7. Фазові портрети процесу адаптивної стабілізації коливань

**Висновки**

Запропонована трьохмасова модель мультиплікаційного приводу відображає закономірності руху основних частин: штока мультиплікатора, поршня гідроциліндра та робочого органа. Встановлено, що пульсуючий режим функціонування мультиплікатора в гідроприводі виконавчого органа генерує гармонічні коливання робочого органа з частотою, яка в 4...5 раз перевищує частоту навантажень мультиплікатором, що пояснюється значним впливом на процес коливань жорсткості гірської породи. Це зумовлює прискорену стабілізацію коливань в гідроприводі з адаптацією в ньому тиску до опору гірської породи.

**Література**

1. Шевчук С.П., Сліденко В.М., Лістовщик Л.К. Оцінка взаємодії робочого обладнання прохідницького щита з вибоєм / Труды Международной научно-технической конференции "Горная электромеханика и автоматика" Том 2, Донецк. -2003. – С. 218-222

2. Минерально-сырьевая база строительных материалов Украинской ССР. Киевская область. Министерство Геологии СССР. К.: 1989г. - 596 с.
  3. Замараєва О.В. Імпульсно-хвильовий мультиплікатор тиску для підвищення ефективності виконавчих органів гірничих машин//Енергетика: економіка, технології, екологія.-2009.-№2 (25). - С. 9-12.
  4. Шевчук С.П., Сліденко В.М., Замараєва О.В. Енергозберігаючий мультиплікаторний привод виконавчого органа маніпулятора// Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету ім. Михайла Остроградського.- Кременчук: КДПУ, 2009.- Вип. 3/2009. Частина 2- С. 39-41
- 
- 
-