

ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

УДК 622.807.002.54(088.8)

**ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ УСТАНОВКИ ІМПУЛЬСНОЇ ДІЇ
ДЛЯ НАГНІТАННЯ СУМІШЕЙ В ГРУНТОВИЙ МАСИВ**

І. В. Коц, Н. П. Бадьора

Запропонована конструкція обладнання і технологія імпульсного нагнітання сумішей в ґрунт основ фундаментів, яка базується на використанні гідравлічного приводу, тиск в якому регулюється гідравлічним пульсатором, а також наведені математичні залежності, що описують динаміку робочого процесу пристрою.

Предложена конструкция оборудования и технология импульсного нагнетания смесей в ґрунт оснований фундаментов, которые базируются на использовании гидравлического привода, давление в котором управляется гидравлическим пульсатором. Представлены математические зависимости, которые описывают динамику рабочего процесса устройства.

Construction of equipment and technology for impulsive pumping of mixtures in soil of foundations, which are based on the use of hydraulic drive and which controlling by a hydraulic pulsar pressure, are offered. The mathematical dependences describing the dynamics of the workflow device.

Постановка проблеми

Досить часто постають проблеми, що пов'язані з нагнітанням твердіючих сумішей та анкетуванням тріщин гірських порід, ґрунтів основ фундаментів, залізобетонних, бетонних та кам'яних конструкцій з метою їх зміцнення. Якість виконання таких технологічних операцій залежить від досконалості пристроїв для закріплення ґрунту шляхом введення в ґрунтовий масив скріпних розчинів, а також речовин, що заповнюють пори ґрунту. Ці обставини зумовлюють доцільність подальшого вдосконалення та розробки нового устаткування для інтенсифікації нагнітання твердіючих сумішей, зокрема у ґрунти основ фундаментів при їхньому посиленні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Відомі конструкції ін'єкторів для нагнітання твердіючих сумішей не завжди забезпечують якісне заповнення пор у ґрунті або анкерування тріщин в процесі нагнітання. Недоліком відомих ін'єкторів є їх низькі темпи заповнення пор і тріщин та недостатня надійність з погляду закупорювання отворів перфорованих ланок частками ґрунту, яке збільшується з глибиною занурення ін'єктора у ґрунт.

Формулювання мети та задач

Необхідно провести аналіз динаміки робочого процесу установки імпульсної дії для нагнітання сумішей в ґрунт основ фундаментів, дистанційне керування якою здійснюється за тиском автоматичним імпульсним клапаном, а також визначення та обґрунтування основних робочих параметрів та отриманих характеристик досліджуваного нагнітального вузла.

Виклад основного матеріалу

Принципова схема установки для імпульсної дії для нагнітання сумішей в ґрунтовий масив наведена на рис. 1. Установка працює так. У початковому положенні двоступінчатий імпульсний клапан 1, підпружинений регульованою пружиною 3 до установного сидла, відсікає взаємозв'язок напірної магістралі 12 із зливною розточкою 2. Двокромковий золотник 6, відтиснутий пружиною 7 в крайнє ліве положення, за допомогою своїх робочих кромок і кільцевих розточок в корпусі зв'язує поршневу порожнину 8 і злив. При включенні насоса 13 в напірній магістралі 12 підвищується тиск робочої рідини, яка, поступаючи в штокову порожнину 11, переміщає поршень 10 в крайнє праве положення (холостий хід). Одночасно через зворотний клапан 9 робоча рідина потрапляє в гідроаккумулятор 5 і проводить його зарядку. Окрім того, одночасно при рухові поршня 10 зі штоком у верхнє положення з магістралі 15 через зворотний клапан 16 відбувається

подача порції розчину в напірну камеру 17. Після досягнення поршнем 10 крайнього правого положення тиск робочої рідини в напірній магістралі збільшується до заданого, на яке налаштований двоступінчатий імпульсний клапан 1, і останній відкривається. При цьому тиск в замкнутій порожнині 14, яка утворена ступенями клапана 1, а також сполученій з нею каналом порожнині 4, підвищується, внаслідок чого двокромковий золотник 6 під дією тиску робочої рідини на його торець переміщується в крайнє праве положення, сполучаючи поршневу порожнину 8 з гідроаккумулятором 5. Одночасно в результаті робочого тиску, що впливає на площу верхнього ступеня двоступінчатого імпульсного клапана 1, останній різко піднімається в крайнє положення, сполучаючи при цьому штокову порожнину 11 із зливною розточкою. Рідина, що поступає в поршневу порожнину 8, і опускає шток в нижнє положення. Шток переміщуючись вниз витискає розчин скріпної рідини через клапан тиску 18 до колони ін'єктора, а потім в ґрунтовий масив. Тиск в гідросистемі падає до зливного. Двоступінчатий імпульсний клапан 1 закривається, а двокромковий золотник 6 повертається в початкове положення. Далі цикл повторюється в автоматичному режимі.

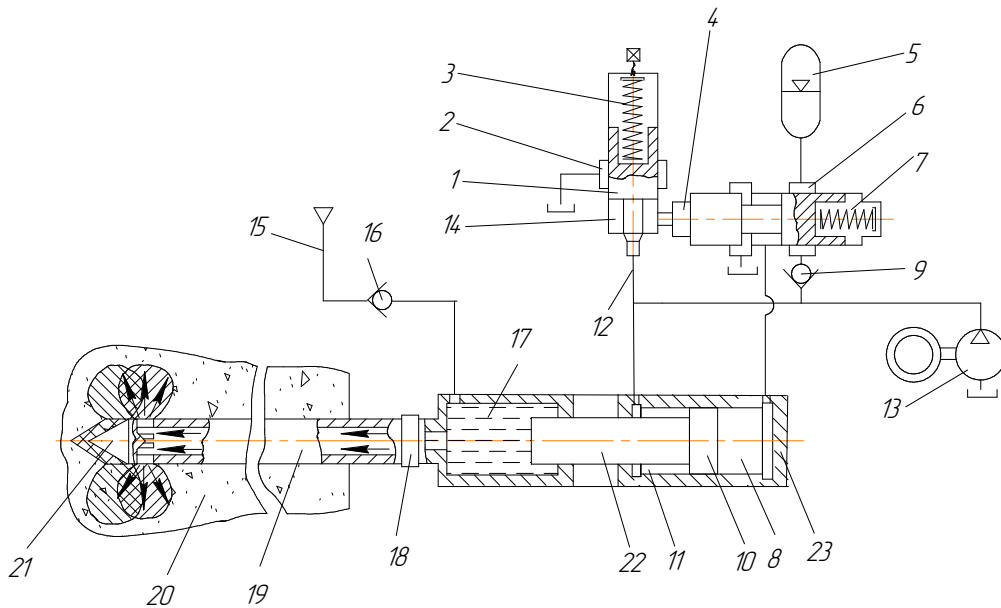


Рис. 1. Установа імпульсної дії для нагнітання сумішей в ґрунтовий масив

Розглянемо деякі особливості розрахунку динаміки робочого процесу даної установки. Для проведення розрахунку прийємо такі припущення: температура робочої рідини приймалася постійною; витоки в гідросистемі не враховувалися внаслідок малої їх величини; у зв'язку з невеликою протяжністю трубопроводів гідравлічні втрати в них і хвильові процеси не враховувалися; коефіцієнт стисливості K_{cm} , який характеризує сумарний ефект стисливості робочої рідини і деформації сполучних трубопроводів, приймався постійним; об'єми порожнини вважалися малими і в розрахунках не враховувалися; коефіцієнти витрати μ_z через робочі вікна золотника і коефіцієнт витрати μ_k через відкритий двоступінчатий імпульсний клапан вибиралися постійними; спрацьовування двоступінчатого імпульсного клапана і перемикання золотника вважалося релейним, тобто відбувається за порівняно короткий час в порівнянні з часом робочого або холостого ходу; тиск на зливні приймався постійним ($P_{zl} = 0,2...0,3$ МПа); продуктивність Q_n насоса 13 приймалася постійною, тобто незалежною від тиску в гідросистемі; робочий тиск в технологічному резервуарі приймається постійним.

Цикл роботи гідравлічного вузла можна розділити на дві основні фази: холостий і робочий хід поршня. Ці фази можуть бути подані у вигляді такої системи диференціальних рівнянь: руху поршня:

$$M \frac{d^2x}{dt^2} + \alpha \frac{dx}{dt} + R_{mp1} \text{sign} \frac{dx}{dt} = p_u F_u - p_n F_n + p_T f_{II}; \quad (1)$$

руху поршневого роздільника гідроаккумулятора:

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} + \nu \frac{dz}{dt} + R_{mp2} \text{sign} \frac{dz}{dt} = p F_A - p_e F_A; \quad (2)$$

зв'язку, отриманого з умови нерозривності потоку в гідросистемі

$$Q_H = \frac{dp}{dt} (W_r + F_u x + F_A z) K_{cm} + F_A \frac{dz}{dt} + F_u \frac{dx}{dt}; \quad (3)$$

витрат з поршневої порожнини

$$F_n \frac{dx}{dt} = \mu_3 f_3 \sqrt{\frac{2g}{\gamma}} \sqrt{p_n - p_{z1}}, \quad (4)$$

де M і m – маса відповідно поршня-бойка і поршневого роздільника гідроаккумулятора 5;
 α , ν – коефіцієнти в'язкого демпфування;

R_{mp1} , R_{mp2} – сили сухого тертя, прийняті постійними;

$\frac{d^2 x}{dt^2}$, $\frac{dx}{dt}$ і x – прискорення, швидкість і переміщення маси поршня;

$\frac{d^2 z}{dt^2}$, $\frac{dz}{dt}$ і z – прискорення, швидкість і переміщення поршневого роздільника

гідроаккумулятора 5;

P – поточний тиск в гідросистемі;

P_n – поточний тиск в поршневій порожнині 8, яка сполучена зі зливом;

F_n , F_u – ефективні робочі площі з боку відповідних поршневої і штокової порожнин;

F_A – площа поперечного перерізу поршневого роздільника;

f_3 – площа поперечного перерізу робочого вікна двокромкового золотника;

g – прискорення вільного падіння;

γ – питома вага робочої рідини;

P_e – поточне значення тиску газу в газовій камері гідроаккумулятора, яке визначається з рівняння стану газу [2]:

$$P_e = \frac{P_0 W_0^n}{(W_0 - F_A z)^n}, \quad (5)$$

де P_0 – абсолютний тиск зарядки гідроаккумулятора;

W_0 – початковий об'єм газової камери гідроаккумулятора;

$F_A z$ – поточний об'єм робочої рідини в гідроаккумуляторі;

n – показник політропи, вибраний згідно з рекомендаціями [2] в межах $n = 1 \dots 1,4$.

Фаза робочого ходу може бути подана у вигляді такої системи диференціальних рівнянь: руху поршня:

$$M \frac{d^2 x}{dt^2} + \alpha \frac{dx}{dt} + R_{mp1} \text{sign} \frac{dx}{dt} = p_n F_n - p_u F_u - p_T f_{II}; \quad (6)$$

руху поршневого роздільника гідроаккумулятора 5

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} + \nu \frac{dz}{dt} + R_{mp1} \text{sign} \frac{dz}{dt} = p_e F_A - p_A F_A; \quad (7)$$

витрати на заповнення гідроаккумуляторної порожнини

$$p_n \frac{dz}{dt} = \frac{dp_A}{dt} [F_A(z_0 - z)] K_{cm} + \mu_3 f_3 \sqrt{\frac{2g}{\gamma}} \sqrt{p_A - p_n}; \quad (8)$$

заповнення поршневої порожнини 8

$$\mu_3 f_3 \sqrt{\frac{2g}{\gamma}} \sqrt{p_A - p_n} = \frac{dp_n}{dt} (F_n x) K_{cm} + F_n \frac{dx}{dt}; \quad (9)$$

витрати з штокової порожнини на злив через відкритий клапан

$$Q_H + F_u \frac{dx}{dt} = \mu_k f_k \sqrt{\frac{2g}{\gamma}} \sqrt{p_u - p_{zl}}; \quad (10)$$

зміни тиску газу в газовій камері гідроакумулятора 5 [2]

$$p_2 = \frac{p_0 W_0^n}{[(W_0 - F_A(z_0 - z))]^n}. \quad (11)$$

В рівняннях (6) -(11) введені додаткові позначення:

z_0 – зсув поршневого роздільника акумулятора у фазі холостого ходу;

P_u, P_A – поточний тиск відповідно в штоковій порожнині і гідроакумуляторі;

f_k – площа прохідного перерізу відкритого клапана .

Висновки

- Розглянута принципова схема та особливості робочого процесу установки імпульсної дії для нагнітання сумішей в ґрунтовий масив.
- Наведено математичну модель динаміки робочого процесу системи, яка складається з насоса, поршня зі штоком і пристрою автоматичного керування – імпульсного клапана з підпружиненим золотником, який здійснює поперемінне з'єднання напірної та зливної магістралей.
- Для кожної фази робочого процесу наведені системи нелінійних диференціальних рівнянь, які описують переміщення поршня і гідроакумулятора, зміну витрат рідини у кожній з порожнин.

Використана література

1. Иванов М. Е. Математическая модель гидропривода возвратно-поступального действия управляемого клапаном-пульсатором / М. Е. Иванов, И. В. Коц, И. Б. Матвеев // Гидропривод и гидропневмоавтоматика: Респ. меж-вед, науч. сб. – Вып. 16, 1980. – С. 49-51.
2. Иванов М. Е. Гидропривод сваепогружающих и грунтоуплотняющих машин / М. Е. Иванов, И. Б. Матвеев, Р. Д. Искович-Лотоцкий, И. В. Коц. и др. – М., Машиностроение, 1977. – 176 с.
3. А. с. 1273606, СССР, МКИ Е21F 5/02. Генератор ударных импульсов / И. В. Коц, А. Ф. Пономарчук, Г. С. Ратушняк - Бюл. № 4 – 1986.
4. А. с. 1502820 СССР Кл. Е21 С 3/20. Пристрій ударної дії переважно для імпульсного нагнітання води в гірничий масив / И.В.Коц, А. Ф. Пономарчук, Г. С. Ратушняк - 1987 р.].

Коц Іван Васильович – кандидат технічних наук, доцент кафедри теплогазопостачання Вінницького національного технічного університету

Бадьора Наталя Петрівна – студентка Вінницького національного технічного університету