



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **83608** (13) **U**
(51) МПК (2013.01)
F03B 17/00

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки:	u 2012 15108	(72) Винахідник(и):	Решетняк Віктор Віталійович (UA), Семко Олександр Миколайович (UA), Локтюшина Юлія Володимирівна (UA)
(22) Дата подання заявки:	28.12.2012	(73) Власник(и):	ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель:	25.09.2013		вул. Університетська, 24, м. Донецьк, 83001 (UA)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	25.09.2013, Бюл.№ 18		

(54) СПОСІБ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ГІДРОІМПУЛЬСНИХ СТРУМИННИХ УСТАНОВОК

(57) Реферат:

Спосіб оцінки ефективності гідроімпульсних струминних установок (гідрогармати, імпульсного водомету), що містить розрахунки максимальної швидкості струменя установки лазерним безконтактним методом, максимального тиску всередині установки апаратурою, призначеною для дослідження внутрішньої балістики ствольних знарядь, причому додатково розраховують імпульс високошвидкісної ділянки струменя, коефіцієнт перевищення тиску, коефіцієнт перетворення енергії установки, коефіцієнт компактності струменя, коефіцієнт ступеня кавітації струменя, значення яких потім переводяться у стобальну шкалу і підсумовуються, після чого вибирається установка з максимальною сумою, яка вважається найбільш ефективною.

UA 83608 U

Корисна модель належить до водоструминних технологій, які засновані на використанні струменя високого та надвисокого тиску і може бути використана для оцінки ефективності гідроімпульсних струминних установок (гідрогармати, імпульсного водомету).

Водоструминні технології використовуються в різних галузях промисловості: різанні матеріалів (каміння, метал, пластмаса, шкіра), обробці поверхонь (очищення, заглиблення, зміцнення, зварювання, формовка), руйнуванні гірських порід і бетонних блоків, утилізації боєприпасів, гасінні газових факелів та ін. Широке застосування таких технологій потребує для кожного окремого випадку підбору оптимальних режимів роботи, параметрів робочої рідини, конструктивних параметрів гідроімпульсної струминної установки. Тому важливим є оцінка ефективності і вибір оптимальної установки в залежності від мети її застосування.

Відомим способом оцінки ефективності гідрогармати є коефіцієнт перевищення тиску k_p [1], який дорівнює відношенню максимального динамічного тиску струменя до максимального статичного тиску всередині установки:

$$k_p = \frac{(\rho u^2 / 2)}{p_{\max}}. \quad (1)$$

Ця величина характеризує наскільки максимальний тиск струменя на тверду перешкоду перевищує максимальний тиск всередині установки, за допомогою якого отриманий струмінь.

Відомим способом оцінки порохової гідрогармати є імпульс високошвидкісної ділянки струменя [2], який визначається за формулою:

$$I = \int_{t_{\max}}^{\frac{t_{u_{\max}}}{\sqrt{2}}} \rho u^2 F_s dt. \quad (2)$$

Даний критерій характеризує силову дію на перешкоду.

Відомим способом оцінки ефективності є максимальна швидкість струменя, яка характеризує ефективність впливу струменя на об'єкт і максимальний тиск всередині установки [3]. Останній критерій визначає напруження та деформації в корпусі установки. Недоліком цього способу є те, що завдяки такому способу оцінюється тільки далекобійність і надійність установки. Але такий спосіб є найбільш близьким за технічною суттю та за результатом, що досягається, тому його вибрано за прототип.

В основу корисної моделі поставлено задачу удосконалення способу оцінки ефективності гідроімпульсних струминних установок, в якому оцінка відбувається по сьому критеріях, які характеризують далекобійність, силову дію на перешкоду, компактність, мобільність, корисну дію та надійність установки.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що спосіб оцінки ефективності гідроімпульсних струминних установок, який містить розрахунки максимальної швидкості струменя u_{\max} , максимального тиску всередині установки p_{\max} , згідно з корисною моделлю, додатково містить розрахунки імпульсу високошвидкісної ділянки струменя I , коефіцієнта перевищення тиску k_p , коефіцієнта перетворення енергії установки k_E , коефіцієнта компактності струменя k_v , коефіцієнта ступеня кавітації струменя k_{cav} , значення яких потім переводяться у стобальну шкалу і підсумовуються, після чого вибирається установка з максимальною сумою, яка вважається найбільш ефективною.

Приклад конкретного виконання.

Для перевірки адекватності розробленої корисної моделі була проведена серія експериментів з гідрогарматою з такими параметрами: радіус ствола й входу в сопло 33 мм, радіус виходу із сопла 5 мм, довжина сопла 253 мм, маса поршня 2,25 кг, маса рідини 0,85 кг. Профіль сопла експонентний, який описується рівнянням $R(x) = R_c e^{-kx}$, де $k = L_s^{-1} \ln(R_c / R_s)$ [4].

При експериментальних дослідженнях вимірювся тиск всередині установки й швидкість струменя. Вимір тиску проводився апаратурою, призначеною для дослідження внутрішньої балістики ствольних знарядь. Виміри проводилися на двоканальній апаратурі. При вимірах паралельно з тиском вимірюлася швидкість голови струменя лазерним безконтактним методом [5]. Результати вимірів записувалися самописом. У табл. 1 наведені деякі результати експериментів по виміру тиску й швидкості струменя.

Таблица 1

Результати вимірювання тиску в установці та швидкості струменя

№ з/п	рідина	ρ_0 , кг/м ³	u_{\max} , м/с	p_{\max} , МПа
1	вода	1000	1055	163
2	гліцерин	1260	1097	228

За цими даними було розраховано імпульс високошвидкісної ділянки струменя I [2], коефіцієнт перевищення тиску k_p [1], коефіцієнт перетворення енергії установки k_E , коефіцієнт компактності струменя k_v , коефіцієнт ступеня кавітації струменя k_{cav} .

Коефіцієнт перетворення енергії характеризує кінетичну енергію високошвидкісної ділянки струменя. Визначається як відношення кінетичної енергії високошвидкісної ділянки струменя до початкової енергії установки (поршня та водяного заряду для поршневої гідрогармати та енергії пороху та водяного заряду для порохової гідрогармати):

$$k_E = \frac{1}{E_0} \int_{t_{u_{\max}}}^{\frac{t_{u_{\max}}}{\sqrt{2}}} \frac{\rho u^3 F_S}{2} dt. \quad (3)$$

Цей коефіцієнт можна розглядати як коефіцієнт корисної дії установки, який демонструє яка частка початкової кінетичної енергії поршня і води, що рухаються з невеликою швидкістю, перетворюється в енергію високошвидкісної ділянки струменя, що використовується як інструмент для руйнування.

Коефіцієнт компактності струменя характеризує змінення швидкості по довжині високошвидкісної ділянки струменя. Він дорівнює оберненій величині модуля безрозмірного градієнта швидкості високошвидкісної ділянки струменя:

$$k_v = \left(\left| \frac{du}{dx} \right| \cdot \frac{L_s}{u_{\max}} \right)^{-1} = \left(\frac{u_{\max} - u_{\min}}{\Delta L_{\max}} \cdot \frac{L_s}{u_{\max}} \right)^{-1}. \quad (4)$$

Чим більше коефіцієнт компактності, тим більш компактний струмінь, тим більше його вплив на перешкоду і далекобійність.

Коефіцієнт ступеня кавітації струменя k_{cav} характеризує зміну густини струменя в міру її розповсюдження. Дорівнює відношенню густини середовища в струмені до густини води при атмосферному тиску:

$$k_{cav} = \rho / \rho_0. \quad (5)$$

Максимальне значення коефіцієнта становить 1. Чим менше коефіцієнт, тим менший густий струмінь, тим менший її силовий вплив на перешкоду.

В табл. 2 надано критерії, що розраховані за формулами (1-5) для води і гліцерину.

Таблица 2

Значення головних параметрів гідрогармати для води і гліцерину

№ з/п	рідина	u_{\max}	p_{\max}	I	k_p	k_E	k_v	k_{cav}
1	вода	1055	163	6,54	3,41	0,3	1,37	0,993
2	гліцерин	1097	228	8,17	3,33	0,4	2,64	0,995

Значення отриманих критеріїв відповідно порівнюються між собою для кожного головного параметра установки. Максимальне значення параметра в кожній категорії приймається за 100 балів, інші розраховуються за формулою

$$\text{результуюче значення параметру} = 100 \cdot \frac{\text{значення параметру}}{\text{максимальне значення параметру}}$$

Результуючі параметри для кожної категорії підсумовуються. Найбільш ефективною вважається установка з найбільшою сумою балів.

В табл. 3 надано результати комплексної оцінки ефективності гідрогармати в залежності від стискальності робочої рідини.

Таблиця 3

Комплексна оцінка ефективності гідрогармати для робочої рідини

№ з/п	рідина	Критерій							Σ
		\tilde{y}_{\max}	\tilde{p}_{\max}^{-1}	\tilde{T}	\tilde{k}_p	\tilde{k}_E	\tilde{k}_v	\tilde{k}_{cav}	
1	вода	96	71	80	100	75	52	99	573
2	гліцерин	100	100	100	98	100	100	100	698

За результатами розрахунків можна зробити висновок, що із двох рідин найкращі показники має рідина з меншою стискуваністю (гліцерин), у якій максимальні значення всіх розрахованих параметрів, крім коефіцієнта перевищення тиску.

Джерела інформації:

1. Атанов Г.А. Гидроимпульсные установки для разрушения горных пород / Г.А. Атанов. - Киев.: Вища школа, 1987.-155 с.
2. Гескин Э.С. Прочностной расчет и оптимизация сопла ствола пороховой гидропушки / Э.С. Гескин, О.А. Русанова // Проблемы прочности.-2006. - № 2. - С. 137-146.
3. Бигвава В.А. Повышение экологической безопасности при гуманитарном разминировании при помощи импульсных струй жидкости / В.А. Бигвава, А.Н. Семко // Вісник ДонНУ.-2009. - вип. 2. - С. 325-334. (прототип)
4. Войцеховский Б.В. Кавитационный эффект в экспоненциальном струйном насадке / Б.В. Войцеховский, Ю.А. Дудин, Ю.А. Николаев, В.П. Николаев, В.В. Никитин // Динамика сплошной среды. - Новосибирск: ИГД СО АН СССР.-1971. - Вып. 9. - С. 7-11.
5. Семко А.Н. Импульсные струи жидкости высокого давления / А.Н. Семко. Донецк: Вебер (Донецкое отделение), 2007.-149 с.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб оцінки ефективності гідроімпульсних струминних установок (гідрогармати, імпульсного водомету), що містить розрахунки максимальної швидкості струменя установки лазерним безконтактним методом, максимального тиску всередині установки апаратурою, призначеною для дослідження внутрішньої балістики ствольних знарядь, який **відрізняється** тим, що додатково розраховують імпульс високошвидкісної ділянки струменя, коефіцієнт перевищення тиску, коефіцієнт перетворення енергії установки, коефіцієнт компактності струменя, коефіцієнт ступеня кавітації струменя, значення яких потім переводяться у стобальну шкалу і підсумовуються, після чого вибирається установка з максимальною сумою, яка вважається найбільш ефективною.

Комп'ютерна верстка М. Мацело

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601