

УДК 622.232

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧА РЕКУПЕРАТИВНА МАШИНА УДАРНОЇ ДІЇ

*Шевчук С.П., д.т.н., проф., Сліденко В.М., к.т.н., доц., Лістовицк Л.К., ст. викл.
Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут"
03056, м. Київ, пр-кт Перемоги, 37
E-mail: kw_sliden@ukrpost.ua*

Обсуждается возможность внедрения машин ударного действия с повышенным коэффициентом полезного действия, с меньшей реакцией отдачи, посредством ударной системы с двумя бойками и аккумулятором в линии нагнетания.

Ключевые слова: энергосбережение, рекуперация, ударная машина, боек.

The possibility of introduction of machines of shock action comes into question with the promoted output-input ratio, with the less reaction of return, by a way of application of the shock system with two firing-pins and accumulator in the line of festering.

Key words: energy saving, recuperation, shock machine, firing-pin.

Вступ. Одним із ефективних засобів енергозбереження при проведенні гірничих робіт є застосування машин ударної дії з можливістю концентрації енергії на обмеженій ділянці масиву із зниженням енергоємності процесу руйнування гірських порід. При цьому важливим фактором зниження енергоємності таких машин є раціональний перерозподіл потужності машини в робочому циклі з метою зниження енергії віддачі. Застосування демпферів та амортизаторів у вузлах навішування ударних машин частково вирішує цю проблему, але призводить до значного зменшення коефіцієнта корисної дії у зв'язку з дисипацією енергії. Тому ефективним є застосування в конструкції ударної машини внутрішніх механізмів рекуперації енергії.

Аналіз попередніх досліджень. На сьогодні, в практиці проектування машин ударної дії все більше уваги приділяється створенню двохбойкових ударних машин з застосуванням механізмів рекуперації енергії [3]. Як підкреслюється багатьма дослідниками з цієї проблеми, створення урівноважених машини ударної дії іншими способами практично себе вичерпало. Крім цього, зниження вібрації корпусу ударної машини введенням другого бойка значно ефективніше, ніж встановлення машини з одним бойком в додатковий корпус з віброзахисною рукояткою (для ручних) чи кареткою (для навісних машин), оскільки двохбойкова система забезпечує більш компактну конструкцію меншої маси. Перші патенти на двохбойкові машини були видані ще наприкінці XIX століття [2]. Але, через складність погодженого руху бойків, двохбойкові машини не знайшли широкого розповсюдження. Із розвитком технологій в галузі гідроприводу, систем автоматичного керування, вирішення проблеми створення двохбойкових ударних механізмів стало реальним і актуальним.

Двохбойкові машини умовно розділяють на три групи – з переднім розташуванням ударного бойка, із заднім розташуванням ударного бойка і з двома ударними бойками. Як показали дослідження [1], найбільш ефективним, з точки зору закладених в них потенційних можливостей, є використання машин саме із двома ударними бойками.

Мета роботи. Обґрунтування основних положень по розробці і впровадженню в практику двохбойкових ударних машин з можливістю акумуляції енергії в циклі роботи. Запропонувати модель хвильового процесу взаємодії двох бойків, оцінити коефіцієнт передачі енергії удару та визначити характеристики ударного процесу.

Матеріал і результати досліджень. Енергозберігаюча двохбойкова рекуперативна ударна машина (рис. 1) з електрогідравлічним приводом складається з двох бойків 1, 2 та інструмента 3, розташованих в одному корпусі 4. Робоча рідина з бака (Б) подається насосом (НШ) через зворотний клапан КЗ, електромагнітний розподільювач (ЕМР) періодично в порожнини А і Б машини здійснюючи почергове переміщення бойків 1 і 2. Тоді, в одному циклі, один бойок рухається в напрямку до інструмента і ударяє по ньому, а інший – рухається в протилежному напрямку і знижує реакцію віддачі, розвантажуючи обладнання. В наступному циклі вони змінюють напрямки руху і діють симетрично. При цьому в кожному циклі здійснюється рекуперация енергій віддачі за допомогою гідропневмоаккумулятора А. Крім того, застосування в конструкції машини другого бойка різко підвищує частоту ударів, а отже – ударну потужність машини.

Проблемою при створенні та впровадженні таких машин у виробництво є синхронізація та стійкість погодженого руху бойків. Розв'язання такої проблеми дозволяє усунути одне з головних джерел вібрації, яке обумовлене дією на корпус змінної реакції віддачі, дозволяє максимально знизити силу підтис-

кування ударної машини до вибою і підвищити енергію ударного імпульсу.

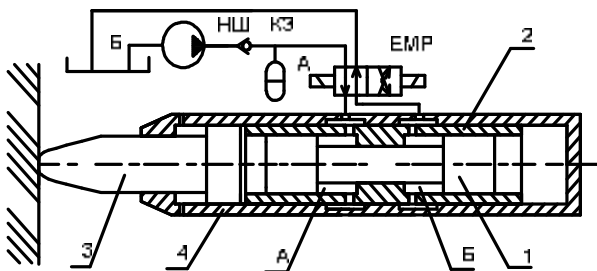


Рисунок 1 – Двохбойкова ударна машина з електрогідравлічним приводом

Енергія ударного імпульсу пов'язана з параметрами гідропневмоакумулятора та з параметрами термодинамічного процесу стиснення газу в газовій камері акумулятора. При політропічному стисненні газу з ступенем стиснення $\epsilon = \frac{P_k}{P_0}$, де P_0, P_k - від-

повідно, початковий і кінцевий тиск зарядки гідропневмоакумулятора. Аналітичними та експериментальними дослідженнями встановлено раціональний діапазон значень $\epsilon = 1,3 \dots 1,6$, а також значення показника політропи $n = 1,4 \dots 1,5$, при яких теплові втрати енергії мінімальні. Тоді енергія імпульсу ударної машини визначається залежністю:

$$A_i = \frac{P_0 \cdot V_0}{(n-1)} \cdot (\epsilon^{n-1/n} - 1) \cdot \eta_y,$$

де V_0 - початковий об'єм газової камери пневмогідроакумулятора, η_y - коефіцієнт корисної дії ударного механізму.

Для підвищення ефективності впроваджених у виробництво гідромолотів запропонований двохбойковий ударний механізм, який значно розширює їх можливості і підвищує коефіцієнт корисної дії η_y .

Двохбойковий ударний механізм [3] складається із корпусу 1, в якому коаксіально розташовані клапан 2, зовнішній бойок 3, внутрішній бойок 4, який за допомогою пружини 5 має зв'язок з зовнішнім бойком (рис. 2). В процесі роботи такого механізму передбачається фазове зміщення моменту удару другого бойка і реалізується ефект "продовженого" імпульсу, який за формою наближається до імпульсу, при якому коефіцієнт передачі енергії досягає максимуму.

Для оцінки енергоємності функціонування двохбойкової ударної машини проведено аналітичні дослідження взаємодії двох бойків, інструменту, по якому передається енергія від гідромолота, та гірської породи, яка в середньому характеризується коефіцієнтом відносної міцності $f = 8$. Припускається, що характеристика взаємодії інструмента з гірською породою при його заглибленні – лінійна, а хвилю

деформації будь-якої форми можна наближено описати ступінчастою характеристикою.

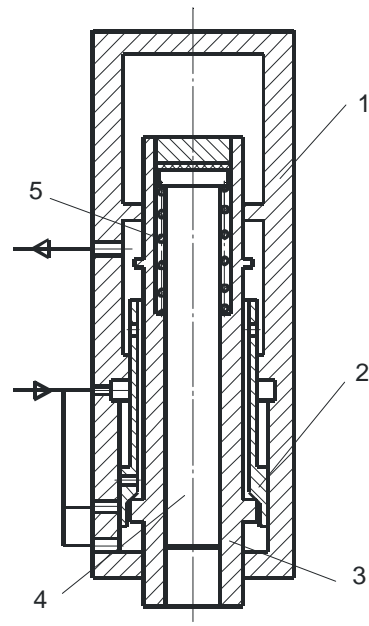


Рисунок 2 – Двохбойковий ударний механізм

Тоді, якщо по хвилеводу до вибою підходить ударний імпульс складної форми, який генерується послідовними ударами двох бойків, то він має два максимуми амплітуди (рис. 3, крива 1). Цей імпульс можна представити у вигляді ступінчастого (рис. 3, крива 2).

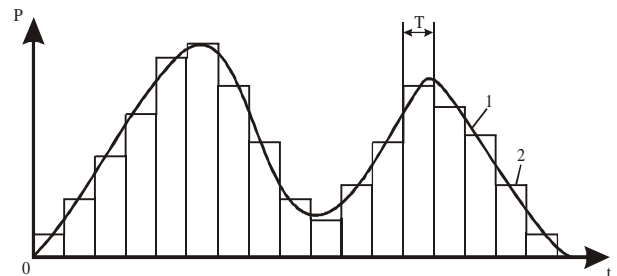


Рисунок 3 – Імпульс сили складної форми (1) і його модель (2)

Накладення прямого і відбитого імпульсів призводить до того, що в зоні контакту інструмента з вибоєм розвивається зусилля P_k , величина якого дорівнює подвоєному значенню амплітуди імпульсу, що підходить до вибою $P_k = 2P_{ui}$ (де P_{ui} – амплітуда i -го ступеня імпульсу, що підходить до вибою). Під дією імпульсу від першого бойка інструмент заглиблюється в породу. Через деякий проміжок часу в імпульсі, який діє на вибій, відбувається спад амплітуди. І якщо амплітуда імпульсу, що підходить до вибою, стає недостатньою для подолання опору породи, заглиблення припиняється, а інструмент зупиняється. З цього моменту імпульс, що діє на вибій, відбивається від нього, як від нерухокої жорсткої опори, з тією ж амплітудою і знаком, що й

прямий імпульс і значно підсилює ефективність передачі енергії від ударної машини до вибою, сприяючи зниженню процесу руйнування масиву.

Енергоємність функціонування ударної машини характеризується коефіцієнтом передачі енергії, яка трансформується в породу:

$$\eta = \frac{A_n}{A_i}$$

де A_n – енергія, що передана в породу; A_i – енергія імпульсу, що надходить до вибою. Енергія ступінчатого імпульсу з однакою тривалістю ступенів T (рис.3) визначиться як сума енергій елементарних прямокутних імпульсів:

$$A_U = \frac{T}{C} \sum_{i=1}^n P_{ui}^2$$

де C – ударна жорсткість інструмента, P_{ui} – амплітуда i -го імпульсу. Тривалості ударних імпульсів T_1 і T_2 прямо пропорціональні довжинам бойків 3 і 4 (рис. 2) і мають вплив на енергоємність процесу (рис. 4). Співвідношення мас бойків також мають вплив на енергоємність (рис. 4), що дозволяє вибором геометричних параметрів формувати раціональний процес взаємодії в системі передачі енергії вибою.

Моделюванням взаємодії хвиль, які генеруються послідовно двома бойками, визначено раціональні параметри першої і другої хвиль стиснення. Розрахунок показав, що енергія першої хвилі стиснення складає 188 Дж а другої - 185,7 Дж (розрахунок проведений для хвиль з однаковими параметрами). Під дією першої хвилі інструмент заглиблюється на 0,444 мм, при цьому в породу передається 145 Дж енергії. Коефіцієнт передачі енергії хвилі в породу складає 0,77. Під дією другої хвилі інструмент заглиблюється ще на 0,437 мм. Енергія, що передається в породу від дії другої хвилі, дорівнює 152,7 Дж, а коефіцієнт передачі енергії в породу - 0,82.

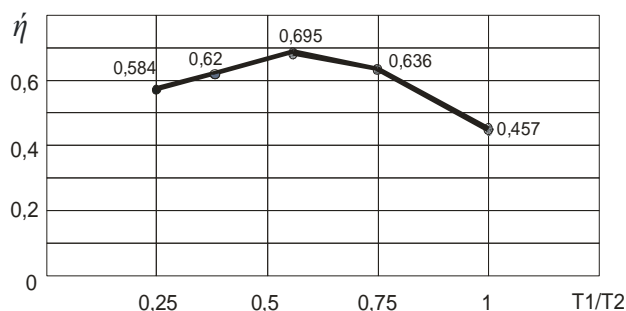


Рисунок 4 – Залежність коефіцієнта передачі енергії від співвідношення тривалостей імпульсів від першого T_1 і другого T_2 бойків

За результатами аналітичних досліджень розроблена методика та проведені експериментальні стендові дослідження натурного зразка гідромолота з

енергією одиничного імпульсу 200 Дж та частотою імпульсів 10 Гц.

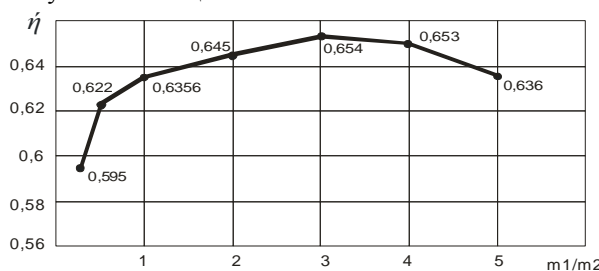


Рисунок 5 – Залежність коефіцієнта передачі енергії від співвідношення мас бойків

Встановлені раціональні параметри фазової затримки золотника керування ЕМП (рис.1) імпульсної системи та діапазон раціональних частот ударної машини 6...10 Гц, при яких реалізуються максимальна потужність приводу.

Висновки. Встановлена раціональна структура енергозберігаючої рекуперативної машини. Ударний механізм такої машини – двохбойковий, а для рекуперції енергії в лінії нагнітання гідропроводу встановлюється гідропневмоакумулятор.

Аналітичними і експериментальними дослідженнями встановлені функціональні залежності та раціональні параметри гідропневмоакумулятора з ступенем стиснення газу $\epsilon = 1,3...1,6$, та показником політропи $n = 1,4...1,5$.

Встановлено, що при взаємодії двох хвиль, які генеруються двохбойковим механізмом, енергія другої хвилі використовується більш ефективно. Це пояснюється тим, що при підході до вибою першої хвилі стиснення опір заглибленню інструмента малий, тому він заглиблюється інтенсивніше, що викликає появу хвилі розтягнення великої амплітуди. Ця хвиля поширюється в бік, протилежний вибою, несучи із собою частину енергії. При підході до вибою другої хвилі стиснення опір заглибленню збільшується. При цьому хвиля, яка відбивається від вибою при другому заглибленні, має меншу амплітуду, а отже і меншу енергію, ніж відбита перша хвиля. В результаті коефіцієнт передачі енергії другої хвилі в породу збільшується.

ЛІТЕРАТУРА

1. Липин А.А. Некоторые особенности режимов работы двухпоршневых пневмударных механизмов. – В сб.: Пневматические буровые машины. – Новосибирск: ИГД СО АН СССР, 1984.
2. Липин А.А., Петреев А.М. Принципиальные схемы двухпоршневых пневматических машин ударного действия. – В сб.: Пневматические буровые машины. – Новосибирск: ИГД СО АН СССР, 1984.
3. Ударный пристрій // Патент України на винахід №25480 А.

Стаття надійшла 14.04. 2008 р.