

ІМПУЛЬСНО-ХВИЛЬОВА ВЗАЄМОДІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ДВОХБОЙКОВИХ МАШИН УДАРНОЇ ДІЇ

Шевчук С.П., докт. техн. наук, проф.,

Сліденко В.М., канд. техн. наук, доц., Лістовщик Л.К., асистент

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Наведені результати дослідження функціонування двохбойкової машини ударної дії, визначено розподілення енергії деформації між двома бойками, обґрунтовано оптимальне співвідношення геометричних параметрів двох бойків за критерієм максимальної передачі енергії удару через інструмент в породу.

Given findings of investigation of double-striker impact machine functioning, redistribution of the deformation energy between two strikers, proven optimal geometrical parameters ratio of two strikers with maximal transfer of strike power criterion through the instrument into the rock.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними задачами

Впровадження у виробництво машин ударної дії ефективно в зв'язку з можливістю концентрації енергії на обмеженій ділянці масиву з відповідним зниженням енергоємності процесу руйнування гірських порід. Проте підвищення потужності машин обмежується збільшенням шкідливої дії реакції віддачі на людину - оператора та обладнання.

Тому актуальним є створення нового класу машин ударної дії з двома бойками. 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. Проблемою при впровадженні таких машин у виробництво є синхронізація та стійкість погодженого руху бойків. Розв'язання такої проблеми дозволить усунути одне з головних джерел вібрації, яке обумовлене дією на корпус змінної реакції віддачі, і дозволить максимально знизити силу підтискування ударної машини до вибою. Крім цього, застосування в конструкції машини другого бойка різко підвищить частоту ударів, а отже – ударну потужність машини.

Аналіз досліджень і публікацій

Постійне підвищення вимог вібраційної безпеки змушує звертатися до конструювання двохбойкових машин, оскільки, як підкреслюється багатьма дослідниками з цієї проблеми, створення урівноважених машини ударної дії іншими способами практично себе вичерпало [1 – 3]. Крім цього, зниження вібрації корпусу ударної машини введенням другого бойка значно ефективніше, ніж встановлення звичайної машини з одним бойком у додатковий корпус з віброзахисною рукояткою (для ручних) чи кареткою (для навісних машин), оскільки двохбойкова система забезпечує більш компактну конструкцію меншої маси. Поділ функцій бойків та їх взаємне розташування пов'язане з режимами роботи машини ударної дії. За схемою розташування бойків ударні машини можна класифікувати як машини прямої, зворотної та комбінованої дії (рис. 1).

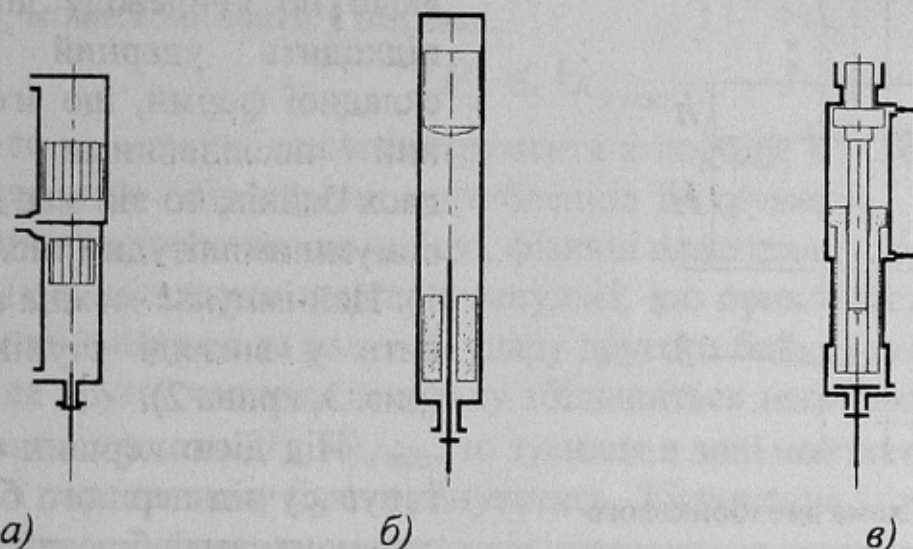


Рисунок 1- Схеми двохбойкових механізмів

а – прямої дії (з переднім розташуванням бойка); *б* – зворотної дії (із заднім розташуванням бойка), *в* – комбінованої дії (з двома бойками).

Аналіз результатів досліджень в цій області показує, що синхронізувати режими роботи ударної машини з механізмом прямої або зворотної дії практично не можливо [3]. Тільки при комбінованій дії можна реалізувати синхронний режим взаємодії бойків, з забезпеченням надійності та стабільності роботи машини.

Постановка задачі

Для досягнення режиму максимальної синхронізації взаємодії двох бойків ставиться задача моделювання двох спряжених бойків машини ударної дії в режимі їх взаємодії з інструментом та оброблюваним середовищем.

Викладення матеріалу та результати

Для моделювання функціонування двохбойкової ударної машини через взаємодію двох бойків з інструментом (рис.2) та оброблюваним середовищем припускається, що характеристика взаємодії інструмента з гірською породою при його заглибленні – лінійна, а хвилю деформації будь-якої форми можна наближено описати ступінчастою характеристикою, яку можна розглядати як сукупність імпульсів прямокутної форми.

У такій постановці задача про взаємодію інструмента з породою

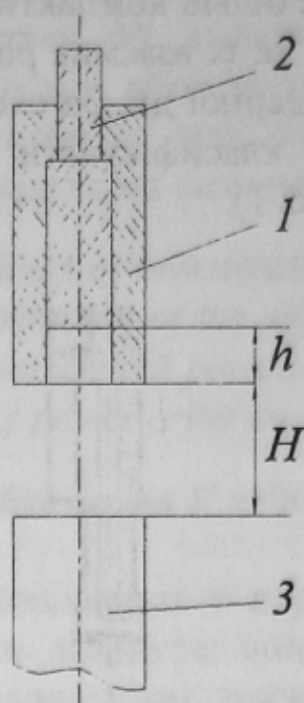


Рисунок 2- Схема двохбойкового ударного механізму.

1 – перший бойок, 2 – другий бойок,
3 – інструмент.

при навантаженні його ударним імпульсом довільної форми зводиться до задачі, коли на інструмент послідовно діють ряд прямокутних імпульсів. Тоді, якщо по хвилеводу до вибою підходить ударний імпульс складної форми, що згенерований 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).

Під дією перших ступенів імпульсу від першого бойка інструмент заглиблюється в породу. Через деякий проміжок часу в імпульсі, який діє на вибій, відбувається спад ампліту-

ди (рис. 3). 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 нерухомої жорсткої опори, з тією ж амплітудою і знаком, що й прямий імпульс. Накладення прямого і відбитого імпульсів призводить до того, що в зоні контакту інструмента з вибоєм розвивається зусилля P_{ki} , величина якого дорівнює подвоєному значенню амплітуди імпульсу, що підходить до вибою $P_{ki}=2P_{ui}$ (де P_{ui} – амплітуда i -го ступеня імпульсу, що підходить до вибою).

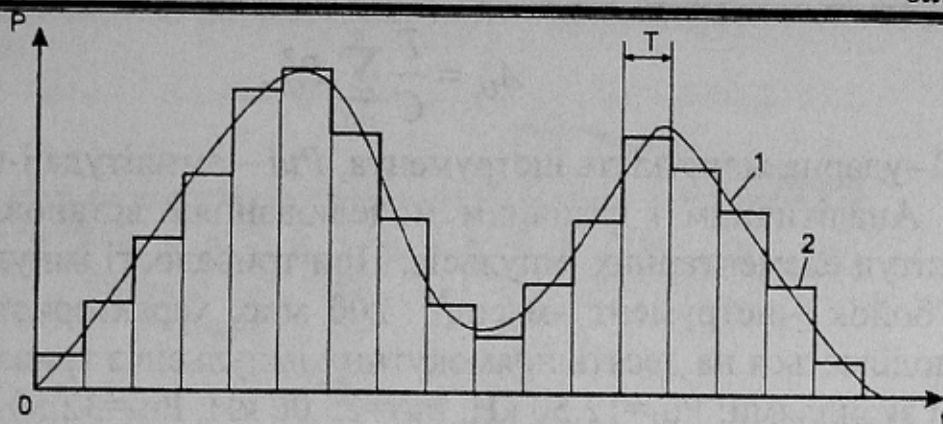


Рисунок 3 - Імпульс сили складної форми (1) і його модель (2).

Це зусилля врівноважується силою опору заглибленню інструмента, максимальне значення якої визначається величиною максимального заглиблення $x_{k_{max}}$ інструмента, досягнутого до даного моменту часу. Таким чином, умову, коли заглиблення інструмента закінчується, можна записати у вигляді

$$2P_{ui} \leq kx_{k_{max}},$$

де x_{ki} – заглиблення інструмента в породу; k – коефіцієнт, який характеризує опір породи заглибленню інструмента, щільність підтискання інструмента до вибою, фізичні властивості породи.

Далі амплітуда зусиль в імпульсі, що прикладається до вибою, знову збільшиться за рахунок удару другого бойка (рис. 3). Якщо амплітуда другої частини імпульсу збільшиться настільки, що буде виконуватися умова $2P_{ui} > kx_{max}$, то зусилля в зоні контакту миттєво зростуть і порода знову буде руйнуватись. Збільшення зусиль в зоні контакту буде відбуватися доти, поки виконується нерівність $2P_{ui} > kx_{max}$. З моменту часу, коли $2P_{ui} \leq kx_{max}$, імпульс відбивається від вибою як від жорсткої опори.

Таким чином, граничні умови в зоні контакту інструменту з гірською породою можуть змінюватися декілька раз в залежності від достатності величини амплітуди імпульсу для подолання опору породи. Коефіцієнт передачі енергії, яка трансформується в породу становить

$$\eta = \frac{A_{\Pi}}{A_U},$$

де A_n – енергія, що передана в породу; A_u – енергія імпульсу, що надходить до вибою. Енергія ступінчатого імпульсу з однаковою 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 імпульса.

Аналітичним і фізичним моделюванням встановлені значення амплітуд елементарних імпульсів. При тривалості імпульсної взаємодії "бойок – інструмент – масив" 200 мкс, характеристика взаємодії розподіляється на десять прямокутних імпульсів з тривалістю T по 20 мкс і зусиллями: $P_{u1}=12,50$ кН, $P_{u2}=25,00$ кН, $P_{u3}=32,50$ кН, $P_{u4}=40,00$ кН, $P_{u5}=42,50$ кН, $P_{u6}=45,00$ кН, $P_{u7}=35,00$ кН, $P_{u8}=27,50$ кН, $P_{u9}=17,50$ кН, $P_{u10}=7,50$ кН (рис 4).

При взаємодії з вибоєм хвилі деформації, яка наведена на рис. 4, формується відбита хвиля деформації з визначеними параметрами (рис.5).

Для дослідження параметрів заглиблення інструменту в масив під дією хвиль деформацій, які формуються двома бойками, змінювались параметри хвилі деформації і розглядався перерозподіл енергії удару із одного бойка в інший, причому сумарна енергія деформації від двох бойків залишалась завжди постійною. Змінювались тривалість хвилі деформації та її амплітуда, а отже, відповідно, довжини бойків та їх швидкість. Наприклад, якщо амплітуда першої хвилі деформації зменшувалась в 2 рази від базової (рис.4), то відповідно амплітуда другої хвилі в 2 раз збільшувалась і т.п.

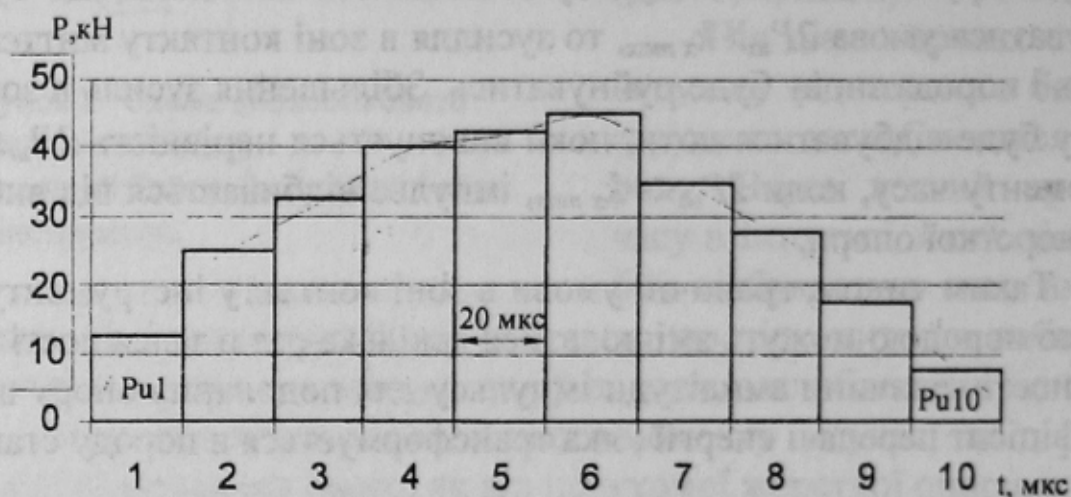


Рисунок 4 - Розрахункова хвиля деформації.

В результаті моделювання встановлені характеристики процесу взаємодії наведені на рис.6 і рис.7.

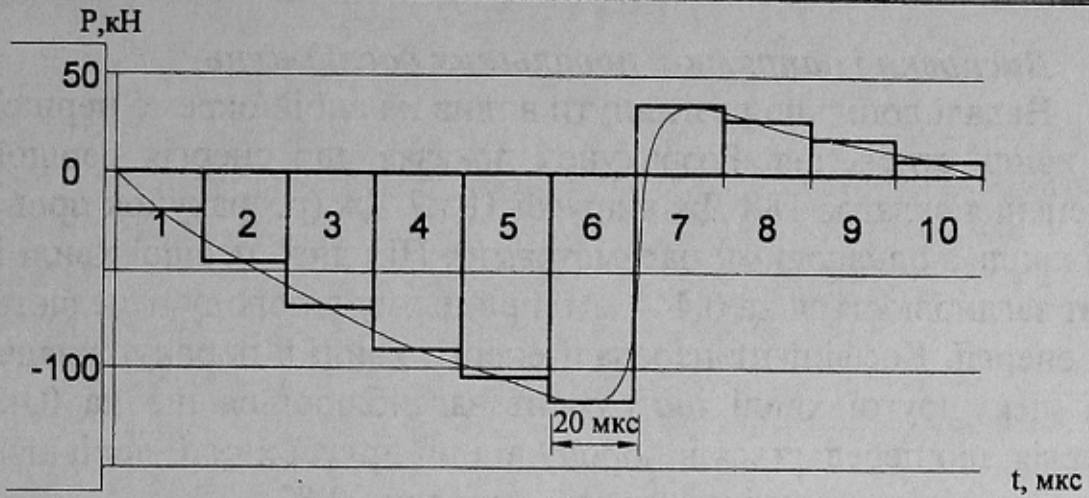


Рисунок 5 - Характеристика відбитої від вибою хвилі деформації

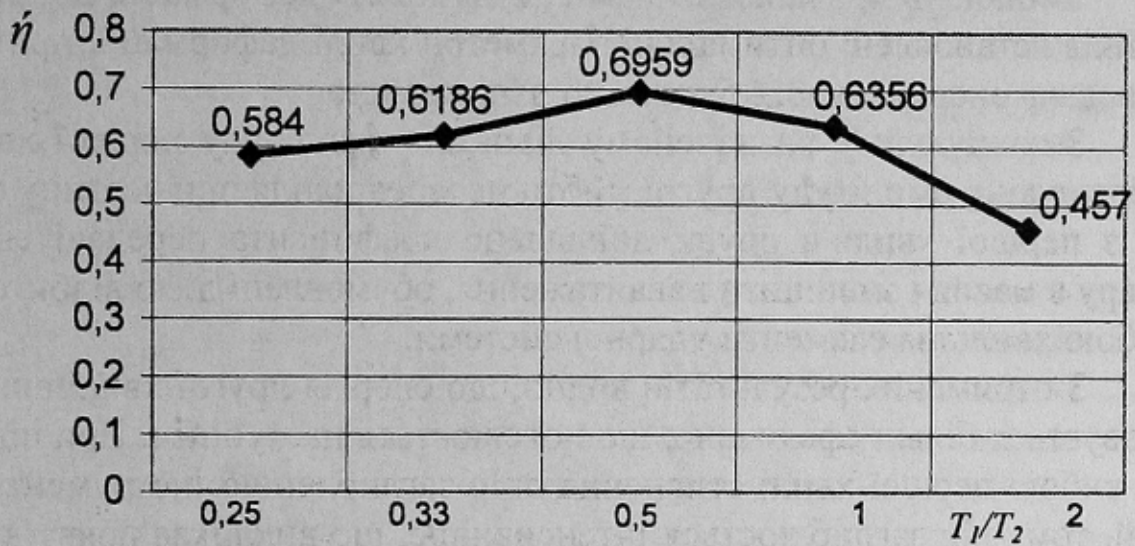


Рисунок 6 – Залежність К.К.Д. від співвідношення тривалостей імпульсів (довжин бойків).

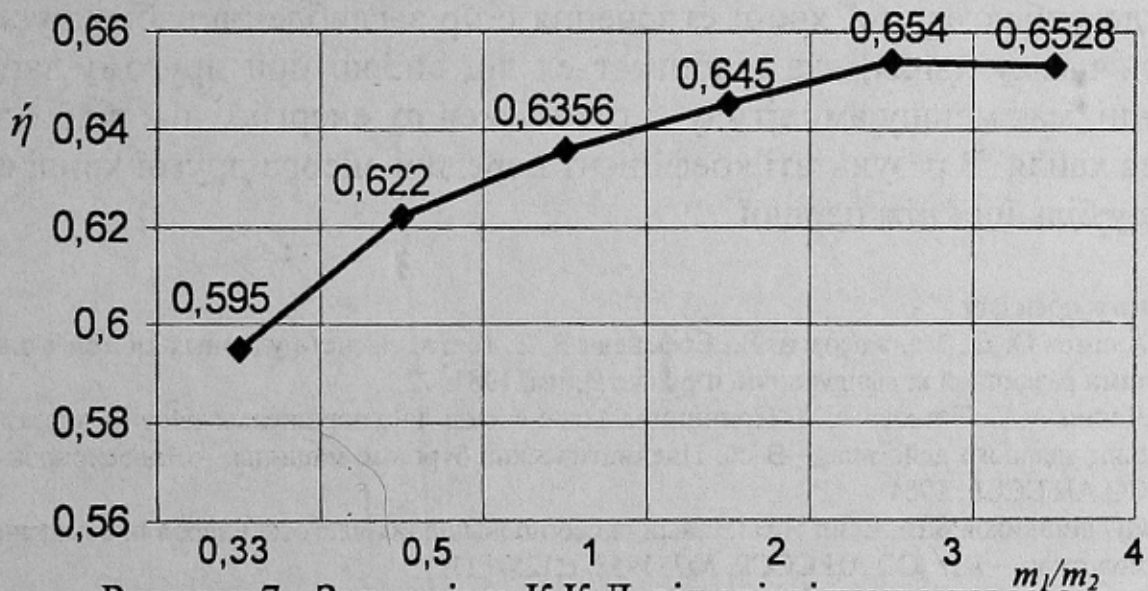


Рисунок 7 - Залежність К.К.Д. від співвідношення мас бойків (швидкостей).

Висновки і напрямки подальших досліджень

Надалі доцільно розглянути вплив на вибій окремо 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.

Змінюючи тривалість та амплітуду хвиль деформації, від різних бойків встановлені оптимальні параметри хвилі деформації, при яких передача енергії в вибій буде найбільш повною.

Зменшуючи у визначеному діапазоні амплітуду першої хвилі і збільшуючи амплітуду другої, тобто перерозподіляючи частину енергії з першої хвилі в другу, збільшено коефіцієнта передачі енергії удару в масив і зменшити навантаження, обумовлені дією відбитої від вибою хвилі, на елементи ударної системи.

З отриманих результатів видно, що енергія другої хвилі використовується більш ефективно, що пояснюється наступним. При підході до вибою першої хвилі стиснення опір заглибленню інструмента малий, тому він заглиблюється інтенсивніше, що викликає появу в хвилеводі 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 більший ніж першої.

Перелік посилань

1. Алимов О. Д., Манжосов В. Я., Еремьянц В. Э. Метод расчета ударных систем с элементами различной конфигурации. Фрунзе: Илим, 1981. 72 с.
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. Суднишников Б.В., Есин Н.Н. Новый способ повышения частоты ударов пневматических молотков. – Изв. СО АН СССР, №7, 1958, с.125-127.