

Лапшин А.Е., Слюсаренко В.Г., Гацкий А.К. // Сб. Разработка рудных месторождений, 1994. - Вып. 55. - С. 142-149.

2. Бересневич П. В. Пылеподавление при выемочно-погрузочных работах на рудных карьерах / Бересневич П.В, Михайлов В.А. – М.: Недра, 1976. – С. 15-48.

3. Лобода А. И. Борьба с пылью на открытых горных работах / Лобода А. И., Ребристый Б. Н., Тыщук В. Ю. – К.: Техника, 1989. – С. 48 – 51.

4. Горбис З.Р. Теплообмен и гидромеханика дисперсных сквозных потоков./ Горбис З.Р. – М.: Энергия, 1970 – С. 63-70.

Рукопись поступила в редакцию 02.04.13

УДК 504.6: 622.73

В.Д. АФАНАСЬЄВ, канд. техн. наук, Н.А. РАЧЕНКО, НДІБПГ ДВНЗ «КНУ»

## ПРО ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ЧАСТОТНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ УДАРНОГО ШУМУ ПЛАСТИН

У статті наведено результати аналітичних досліджень випромінювання ударного шуму сталевих пластин при механічному впливі майже періодичної послідовності імпульсів. Розглянуто вплив взаємного розташування мод власних коливань пластин і гармонік синусоїдальних імпульсів, а також коефіцієнтів втрат на внутрішнє тертя і випромінювання сталевих пластин.

**Проблема та її зв'язку з практичними завданнями.** Підготовка гірничорудної сировини до збагачення супроводжується великою кількістю технологічних операцій, в яких найбільш широко використовується енергія ударного руйнування.

Найбільш інтенсивна ударна взаємодія спостерігається під час гравітаційного транспортування кускового матеріалу, сортуванні та дробленні, сухої магнітної сепарації, а також кульовому, стержневому і самоподрібненні.

Ударна взаємодія кускового матеріалу і подрібнюючих тіл з елементами різних машин і устаткування створюють рівні звуку в межах від 90 до 110 дБА на більшості робочих місць в приміщеннях дробильних, збагачувальних та огрудкувальних фабрик.

Матеріали даної статті спрямовані на уточнення і доповнення даних про випромінюванні ударного шуму сталевих пластин при прогнозуванні шумових характеристик дробильно-подрібнювального обладнання. Результати досліджень відповідають положенням Концепції загальнодержавної цільової Програми поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2012-2016 роки.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Вивченню ударного шуму сталевих пластин присвячені роботи ряду дослідників з яких варто виділити роботи Т. Ігараші, М. Гото і А. Кавасакі. Вчення про ударного звуку [1]; Н. Накагави і Р. Каваї. Поява шуму при ударі по прямокутній і круглій пластині [2], Дж. Куксчієрі та Е. Річардса. Про прогнозування ударного шуму [3].

Представлені в даних роботах результати досліджень ударного шуму стосувалися оцінки ряду параметрів на формування ударного імпульсу і встановлення відповідності між імпульсом ударної взаємодії, що виникають у місці контакту і в ближньому полі звукових коливань повітряного середовища. Оцінка виникнення ударного шуму в більшій мірі носила якісний характер.

**Постановка завдання.** Широке використання машин і устаткування, заснованих на ударних принципах роботи, а також виконання їх робочих і допоміжних елементів із сталі, є однією з основних причин підвищених рівнів шуму на підприємствах гірничо-металургійного комплексу. Вирішення питань створення гірських машин, які не створюють рівні шуму вище нормативних, є однією з актуальних завдань в галузі охорони праці за фактором шуму.

У даній роботі ставиться завдання уточнити вплив часу співудару, коефіцієнтів втрат на внутрішнє тертя і випромінювання, які впливають на формування частотних характеристик ударного шуму сталевих пластин з можливістю прогнозування шуму при гравітаційному транспортуванні кускового матеріалу по перевантажувальним пристроям.

**Викладення матеріалу і результатів.** У роботі розглядається ударна взаємодія із сталевими пластинами у вигляді майже періодичної послідовності імпульсів (стаціонарний імовірний процес) з майже постійною амплітудою імпульсу сили і відхилень частоти ударів в межах  $\Delta f 0,1 \div 0,2$  Гц, як показано на рис. 1. Особливості впливу таких змін у формі імпульсів на спектральні складові представлені в роботі [4]. Вони зводяться до заповнення огинаючої суцільного

спектра лінійчатим спектром при зміні тільки амплітуди імпульсів і доповненні огинаючою суцільного спектра при зміні частоти проходження імпульсів.

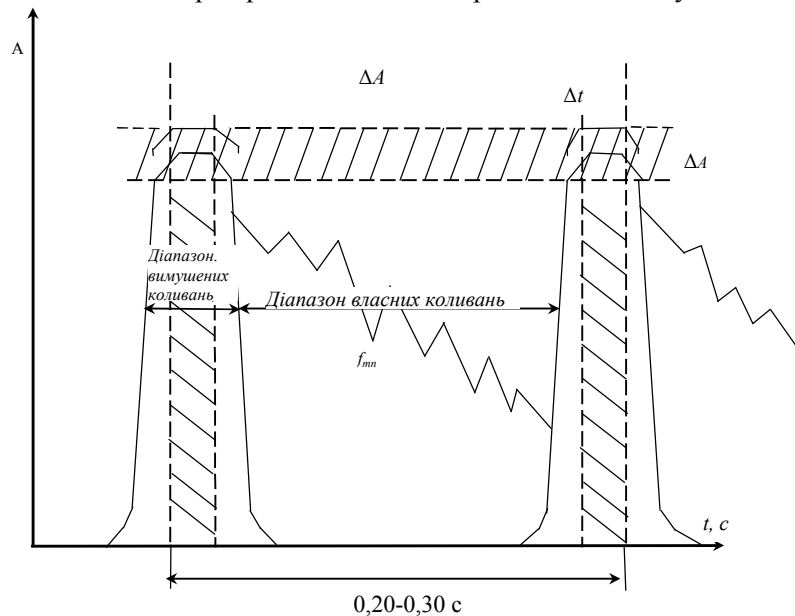


Рис. 1. Часові характеристики ударних імпульсів та співвідношення вимушених і власних коливань пластин

пластини, м. Для діапазону частотно-незалежного ударного спектру прямокутних імпульсів, розглянутий діапазон частот обмежений умовою  $f_2 \leq 0,37/\tau$ , де  $\tau$  - час співудару при ударному взаємодії, с. Значення частоти  $f_2$  отримані в межах відхилення до 2 дБ амплітудних складових в ударному спектрі.

Аналізи даних, наведених у роботі [5], дозволяють представити залежність звукового тиску  $L_a$  у вигляді виразу

$$L_a = 10 \lg \frac{I^2 K n_{yo} v}{S \cdot \rho^{1,5} h^3 D^{0,5} \eta} + const, \quad (1)$$

де  $I$  - імпульс сили,  $H \cdot c$ ;  $K$  - коефіцієнт випромінювання;  $v = 1/1, 1/2, 1/3$  - коефіцієнт, що визначає діапазон смуги частот в частках октавних смуг;  $n_{yo}$  - частота ударів,  $1/c$ ;  $S$  - площа пластини,  $m^2$ ;  $\rho$  - щільність матеріалу пластини,  $kg/m^3$ ;  $h$  - товщина пластини,  $m$ ;  $D$  - згина жорсткості пластини,  $N \cdot m$ ;  $\eta$  - коефіцієнт втрат на внутрішнє тертя.

Згідно виразу (1) єдиним фактором, який визначає частотну залежність амплітудного спектру ударного шуму  $L_a$  залізобетонних плит, є коефіцієнт втрат  $\eta$ . Це визначилося тим, що в роботі [5] розглянуто випромінювання ударного шуму залізобетонних пластин товщиною 150-÷200 мм, для яких коефіцієнт згинальних коливань  $K=1$  в діапазоні частот  $\Delta f \geq 120-150$  Гц. Збільшення амплітуд спектральних складових для таких пластин в діапазоні частот  $f_2 \leq 0,37/\tau$  за рахунок впливу  $\eta$  досягає 1,5-2,0 дБ/окт.

Для пластин зі сталі такі обмеження не можуть бути прийняті через значну різницю в товщині пластин. З урахуванням такої різниці в даній роботі досліджується вплив частотно-залежних спектрів амплітуд імпульсів удару, коефіцієнт випромінювання  $K_{(f)}$  і коефіцієнта втрат  $\eta_{(f)}$ .

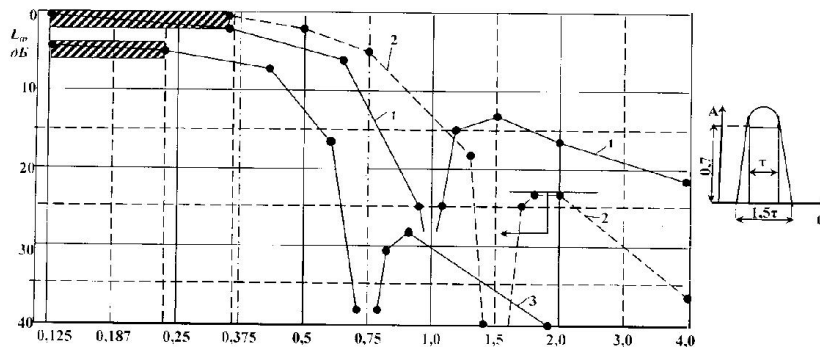
Загальне уявлення про процес утворення ударного шуму засноване на аналізі особливостей ударної взаємодії (форми імпульсу і часу співудару), особливостей перетворення ударного імпульсу в структурні згинні коливання (для діапазону частот  $f \leq c_1/10h$ ), характері перетворення таких коливань в повітряні поздовжні коливання і їх поширення у навколишньому середовищі.

Для аналізу впливу параметрів ударних імпульсів використані дані спектрального аналізу і вирази спектральних характеристик удару у вигляді синусоїдальної імпульсу

$$L_{yo} = q 20 \lg \left| \frac{1,0 - (2\pi f \tau)^2}{\sin \pi(0,5 - \pi f \tau)} \right|, \quad (2)$$

де  $q = \frac{\sqrt{2}}{2} A \tau$ ;  $A$  - амплітуда імпульсу;  $\tau$  - час дії імпульсу.

Часові і спектральні характеристики деяких ударних імпульсів наведено на рис. 2. Характерним у спектрах імпульсів на осі  $f\tau$  є значення  $(f\tau)_1=0,367$  для прямокутного імпульсу і  $(f\tau)_2=0,25$  для синусоїдального імпульсу.



**Рис. 2.** Спектри ударних імпульсів: 1 - прямокутного; 2 - синусоїдального; 3 - синусоїдального, умовно проведеного по  $A$  та  $\tau$  до прямокутного

У діапазоні нижче значень  $(f\tau)_1$  для прямокутних імпульсів з точністю до 2 дБ можна вважати спектри імпульсів частотно-незалежними.

У діапазоні від  $(f\tau)_1$  до  $(f\tau) = 0,9$  швидкість спаду рівнів  $\Delta L_1$  зростає від 3 до 9 дБ/окт, в діапазоні  $(f\tau) \geq 1,5$  швидкість спаду  $\Delta L_1$  досягає 6,0 дБ/окт. Для синусоїдальних імпульсів зниження  $\Delta L_2$  відповідно в, діапазоні  $(f\tau)_2 \geq 0,25$  зростає від 2 до 12 дБ/окт. У діапазоні  $(f\tau) \geq 2,0$  швидкість спаду  $\Delta L_2$  досягає 12 дБ/окт.

Дані величини отримані при суміщенні прямокутних і синусоїдальних імпульсів для випадку  $(f\tau)_2=1,5(f\tau)_1$ . Амплітуда спектру синусоїдального імпульсу визначена за величиною середньоквадратичного значення амплітуди тимчасової характеристики на рівні 0,7, тобто різниці рівнів амплітуд прямокутного і синусоїдального імпульсів  $\Delta L = 3$  дБ.

Згідно співвідношення діапазонів вимушених і власних коливань пластин, представлених на рис. 1, основний вплив на формування ударного шуму визначають власні коливання пластин.

Частоти власних коливань (мод коливань) визначаються з виразу

$$f_{mn} = \frac{\pi \lambda}{2a^2} \sqrt{\frac{D}{m_n}}, \tag{3}$$

де  $\lambda$  - коефіцієнт, який враховує розміри та пружні характеристики пластини.

Після перетворення виразу (3) для прямокутних пластин, які вільно спираються по периметру

$$f_{22} = \frac{c_0^2}{4f_{кр}} \left( \frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} \right), \tag{4}$$

де  $c_0$  - швидкість розповсюдження звукових коливань в повітрі, м/с;  $f_{кр}$  - середнє значення частоти в діапазоні хвильового збігу, Гц;  $a, b$  - розміри пластини, м.

Значення власних мод коливань  $(m;n)=(2;2)$  у залежності від товщини пластин і співвідношення сторін (для  $a=1$  м) наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Значення моди коливань (2;2) для сталевих пластин, які вільно опираються по периметру					
$h$ , мм	$f_{кр}$	$a:b$			
		1:1	1:2	1:3	1:4
3	4167	13	33	72	115
4	3125	17	44	89	142
5	2500	22	52	113	181
6	2083	26	65	143	229
7	1786	30	76	168	268
8	1562	35	87	192	307
30	417	131	326	718	1149

Для вибору діапазону частот, в яких виконується вимога щодо наявності числа власних коливань більше 2, використано вираз (4). Встановлено, що дана вимога для пластин товщиною 3-4 мм виконується з октавних смугах із середньгеометричною частотою 63 Гц; для пластин товщиною 5-8 мм - з октавних смугах із середньгеометричною частотою 125 Гц а для пластини товщиною 30 мм -500 Гц.

Під час виконання досліджень в октавних смугах частот за рахунок збільшення кількості

мод власних коливань пластин для діапазону частот вище 500 Гц зростання рівнів у спектрі власних частот відбувається згідно виразу

$$\Delta L_{(mn)} = 10 \lg (n-2) \text{ для } n \geq 5, \quad (5)$$

де  $n$  - кількість мод власних коливань в октавних смугах.

Спектр власних коливань пластин, крім урахування розташування спектральних складових (мод коливань), також повинен відображати співвідношення його складових в залежності від значень втрат енергії коливань на внутрішнє тертя в місцях закріплення пластин і при передачі коливальної енергії через опорні елементи.

Для сталевих конструкцій з насиченням коефіцієнта втрат  $\eta$  знижується в діапазоні частот від 100 до 10 000 Гц на величину відповідно від 0,01 0,004.

Дослідження коефіцієнту втрат  $\eta(f)$  різними авторами дозволяє представити частотну залежність в діапазоні частот 125-8000 Гц у вигляді, дБ

$$\Delta L_{\eta} = 4,0 \lg \eta f + 8, \text{ дБ} \quad (6)$$

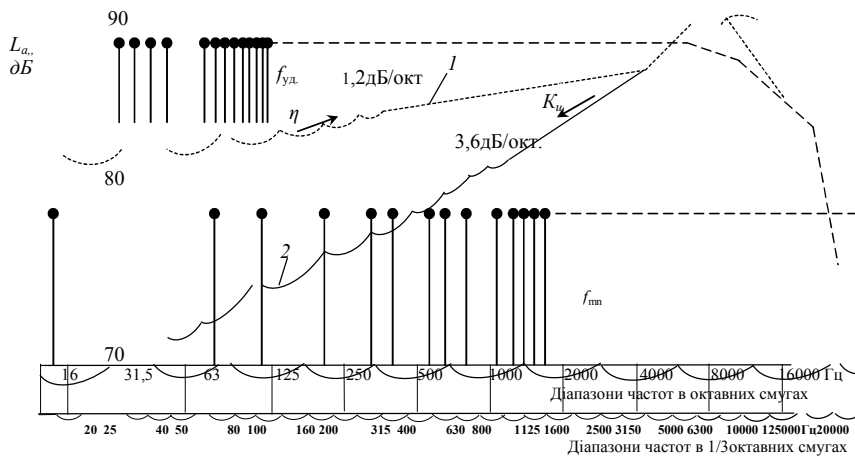
Як зазначалося вище, одним з факторів частотної залежності ударного шуму є коефіцієнт випромінювання  $K(f)$ , який визначає закономірність перетворення структурних згинних коливань в повітряні звукові коливання. Основний вплив на випромінювання звукових коливань мають компенсаційні зони для поршневих мод, смугових мод і зон дії зосереджених сил по верхній пластині.

Для сталевих пластин вплив коефіцієнта випромінювання  $K(f)$ , в діапазоні частот  $63 f < 0,5 f_{кр}$  визначається з виразу, дБ

$$\Delta L_{ку} = 36 - 5,0 \lg h f, \quad (7)$$

Частотні характеристики синусоїдальних одиничних імпульсів в координатах  $L, f$  наведено на рис. 3.

Для випадку механічного удару по пластині майже періодичної послідовності з частотою в межах 4-5 Гц спектр ударного імпульсу в  $1/3$  октавних смугах може бути представлений у вигляді суцільного в діапазоні частот  $\Delta f \geq 40$  Гц. Для прикладу, на рис. 3 представлено спектри ударного шуму сталеві пластина завтовшки 3 мм і розміром  $a=b=1$  м. З урахуванням впливу коефіцієнта втрат  $\eta(f)$  і коефіцієнта випромінювання  $K(f)$  отримано спектр, амплітуди якого зростають зі швидкістю 3,6 дБ/окт в діапазоні частот до 4000 Гц. Після 4000 Гц швидкість спаду рівнів досягає значень від 4 до 8 дБ/окт.



**Рис. 3.** Лінійчатий спектр ударів  $f_0$  та власних частот коливань пластини  $f_{mn}$ : 1 - розрахунковий спектр структурних коливань пластини з урахуванням  $\eta(f)$ ; 2 - розрахунковий спектр випромінювання звука сталеві пластиною з урахуванням  $K(f)$

Слід зазначити, що перехід від аналізу в  $1/3$  октавних смугах частот до аналізу в  $1/1$  октавних смугах частот призводить до підвищеної нерівномірності спектру в діапазоні частот нижче 100 Гц.

Для узгодження спектральних складових синусоїдальних імпульсів, представлених в координатах  $L, f$ , необхідно врахувати час співудару  $\tau$ , при якому починається спад рівнів спектру із швидкістю від 2 до 12 дБ/окт залежно від форми імпульсу.

Значення  $\tau$  визначені згідно теорії Герца [4] при ударі кулі об сталеву пластину (виконання умови  $M \gg m_0$ ) з виразу

$$\tau = 3,23 \left( \kappa^3 m_0^2 / V \right)^{0,2}, \quad (8)$$

де  $m_0$  - маса кулі, кг;  $M$  - маса пластини, кг;  $\kappa$  - коефіцієнт, який враховує пружні характеристики

ки кулі та пластини [5].

Для випадку зіткнення сталеві кулі із сталевією пластинією час співудару  $\tau$  визначається з виразу

$$\tau = 0,1 d_{cu} / E^{0,4} V^{0,2} \quad (9)$$

є  $d_{cu}$  - діаметр кулі, мм;  $E$  - модуль пружності сталі, Па;  $V$  - швидкість співудару, м/с.

Вираз (9) показує, що навіть при зміні швидкості співудару  $V$  в 10 разів основний вплив на величину  $\tau$  має діаметр кулі. При такій зміні  $V$  значення  $\tau$  змінюється не більше ніж в 1,6 рази, а зміни діаметра кулі у два рази приводить до зміни  $\tau$  в стільки ж разів.

**Висновки та напрямки подальших досліджень.** Результати досліджень дозволили отримати дані під час впливу форми імпульсу і часу його впливу на формування високочастотної області ударного шуму сталевих пластин.

Виконано оцінку зміни щільності власних частот коливань пластин під час зміни величини частотних смуг, а також вплив коефіцієнта втрат і коефіцієнта випромінювання на формування низько-середньочастотної частини спектру ударного шуму.

Подальші дослідження повинні проводитися з метою встановлення взаємозв'язку між енергетичними характеристиками імпульсів і амплітудними складовими ударного шуму, а також особливостей розповсюдження ударного шуму в навколишнє простір.

#### Список літератури

1. Игарши Т. Учение об ударном звуке / Игарши Т., Гото М., Кавасаки А. // Bulltin of ISMA.-т.28, 1985.- С.148-154.
2. Накагава Н. Появление шума при ударе по прямоугольной и круглой пластине / Накагава Н., Каван Р. // Memoirs of the faculte of engineering hube university. - Т. 30. - 1983. - С.93-104.
3. Е. Ричардс. О предсказании шума ударов. IV. Оценка энергии шума, излучаемого ударным возбуждением структуры / Е. Ричардс // Журнал звука и вибрации, 76(2).- 1981. - С.187-232.
4. G.G. Macfarlane. On the Energy-Spektrum of Almost Periodic Succession of Pulses / G.G. Macfarlane / Decimal classification: R 148.6. Original manuscript received by the Institute, December 9, 1948. S.1139-1143.
5. Заборов В.И. Теория звукоизоляции и ограждающих конструкций / Заборов В.И. // Издание 2-е перераб. и доп. -М.: Стройиздат, 1969.-С.116.

Рукопис подано до редакції 02.04.13

УДК 504.06: 662(075.8)

В.В. ГЛАДИР, канд. техн. наук, доц., НДБПГ ДВНЗ «Криворізький національний університет»

### ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ ФЛОТАЦІЙНОЇ ТА МАГНІТНО-ФЛОТАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЙ ДОВЕДЕННЯ КОНЦЕНТРАТУ НА РЗФ ГЗК РЕГІОНУ

Наведено характеристики флотаційних реагентів, які використовуються при збагаченні залізних руд, а також вказується їх біологічна дія на живі організми. Аналізуються технології збагачення залізних руд, які використовуються на діючих фабриках Полтавського та Ігулецького ГЗК, їх вплив на оточуюче середовище та повітря робочої зони. Дана оцінка варіантів технологічних регламентів збагачення руди, яка видобувається на Північному ГЗК.

**Проблема і її зв'язок з науковими і практичними завданнями.** Як показує аналіз сучасного виробництва металургійної сировини у найближчі сорок п'ятдесят років збережеться тенденція використання традиційних технологій. Тому позитивний економічний ефект можливо отримати шляхом підвищення коефіцієнту корисної дії уже відомих технологічних варіантів, використовуючи їх у суміжних галузях, а також шляхом використання нетрадиційних джерел енергії.

Оцінюючи вплив таких технологій на навколишнє природне середовище слід зауважити, що зростають витрати сукупної праці на видобування мінеральних та енергетичних елементів. Це пояснюється, з одного боку, погіршенням гірничо-геологічних умов розробки родовищ корисних копалин, а з іншого - зменшенням вмісту хімічних елементів у одному об'ємі рудної маси у зв'язку з тим, що ділянки зі значним їх вмістом на більшості відомих родовищ вже відпрацьовано. Мають місце, також, втрати мінеральної сировини в результаті нераціонального її використання. Крім цього у світі зростає дефіцит природних ресурсів.

Галузь, де можливо значно знизити об'єми використовуваної енергії і як наслідок зменшити об'єми викидів - це підвищення коефіцієнту видобування хімічного елементу з руди при її переробці та збагаченні. Підвищення цього показника навіть на долі відсотка призводить до