

## ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ АМПЛІТУДНО-ФАЗОВОГО КОЕФІЦІЄНТА ЗАГАСАННЯ АКУСТИЧНИХ ХВИЛЬ ДЛЯ ЗАДАЧ СЕЙСМОРОЗВІДКИ

Розглянутий метод визначення амплітудно-фазового коефіцієнта загасання енергії акустичних хвиль в неоднорідному напівпросторі. В основу методу покладена енергетична модель процесів збудження, передачі, відбиття і прийому акустичного імпульсу, що враховує закони: збереження (балансу), зміни, перенесення і упаковки енергії. Дана модель визначила фізичний зміст загасання, як, зміщення в часі між частиною (залишається у минулому) і переданої (перейшла в майбутнє) енергії фізичної системи, інформація про втрачену енергію передається у майбутнє, як відмінність прийнятої енергії від заданої, що контролюються на поверхні напівпростору.

**Ключові слова:** енергетичний метод, амплітудно-фазовий коефіцієнт загасання, задачі сейсморозвідки

Сучасний рівень теоретичних досліджень з визначення коефіцієнта амплітудно-фазового загасання енергії хвильового поля (АФКЗ-ХП) в задачах сейсморозвідки не має такого поширеного і глибокого розвитку, як скажімо, частотні методи аналізу Р-хвилі. Такий стан пояснюється складністю моделей неоднорідних хвильових рівнянь на основі лінійної теорії пружності, що враховують крім заданих пружних фізико-механічних параметрів середовища ще й їх зміну поряд з реологічними, петрофізичними, термодинамічними та іншими його параметрами. Названі параметри впливають на АФКЗ-ХП, який одночасно визначає амплітуду і фазу Р-хвилі.

Теоретична фізика даному параметру приділяє [1] головне значення під час дослідження динамічних систем у напрямку пояснення терміну початку і кінця, квантування і періодичності процесів, в яких хвиля займає провідне місце. Такі дослідження проводяться на енергетичному рівні методами квантової механіки.

В [1] автор наводить наступний аналіз: „...Векторна механіка Ньютона описує рух механічних систем під дією прикладених до них сил. Підхід Ньютона не обмежує природи діючих сил, які розділяються на потенціальні і дисипативні. Варіаційна механіка Лагранжа - Гамільтона описує рух механічних систем під дією тільки потенціальних сил [2, 3]. Дисипативні сили опинилися за межами адекватності варіаційних принципів аналітичної механіки [2, 4-9]. Саме тому за даним обмеженням статистична механіка не описує незворотних і дисипативних процесів. В рамках гамільтонової динаміки не існує функції координат, імпульсів і часу, що мають властивості функції Ляпунова (теорема Пуанкаре-Місрі [10-13]). Для опису дисипативних і незворотних процесів необхідно вводити в статистичну механіку додаткові постулати (наприклад, принцип послаблення кореляції і гіпотезу про ієрархію часів релаксації, запропоновані Боголюбовим [14, 15]). Тому ці процеси розглядаються в рамках фізичної кінетики [16-19]...”.

Для врахування дисипативних сил в коливальних системах Тарасов В.Е. запропонував ввести так званий седовіан, що моделює процес загасання заданої енергії фізичного осцилятора [1]. Іншими словами, поряд із законом збереження енергії автор вводить седовіан – аналог закону зміни енергії.

Для задач сейсморозвідки автори [20-28] досліджували визначення АФКЗ-ХП різними методами та підходами. Так, суто математичні моделі і методи не надають фізичної прозорості даному параметру, а фізико-математичні моделі динаміки Р-хвилі в геологічному середовищі, що побудовані на принципах лінійної теорії пружності, дозволяють оцінити в лінійному наближенні властивості даного коефіцієнту в залежності від частоти Р-хвилі, теплоємнісних та теплопровідних властивостей середовища, але прогнозувати зміну параметрів хвилі і середовища, а саме, його густину, пружні модулі, температури, тиски, в стохастичному і неоднорідному хвильовому акустичному полі сейсмічних записів, без залучення експериментальних даних – не спроможні. Причиною тому є відсутність у моделях повноти врахування фундаментальних фізичних зв'язків між параметрами, як самого середовища, так і його параметрів з параметрами хвилі. Наприклад, зв'язок між швидкостями Р- і S- хвилі відомий через пружні фізико-механічні параметри середовища, а між тим, зв'язок даних параметрів між собою у хвильовому полі існує [29] і через енергетичний інваріант загальної механічної енергії середовища, що враховує нелінійності вищого порядку (стрибокподібні зміни параметрів при заданій енергії та зміни енергії із змінами параметрів, названих – енергетичною нелінійністю), у той час, як один закон збереження (балансу) енергії, моделює динаміку фізичної системи лінійно, тобто, шляхом суперпозиції енергій її руху, не змінюючи параметрів системи.

Виходячи з наведеного аналізу, сучасну наукову проблему з визначення амплітудно-фазового коефіцієнту загасання в акустичному

хвильовому полі сейсмозвідки можна сформулювати наступним чином: *розробити модель динамічної системи „акустична хвиля – середовище”, що враховує енергетичні нелінійності та стохастичні і нестационарні характеристики хвильового поля коливань поверхні Землі під час проведення сейсмічних експериментів.*

Динаміка процесів з енергетичною нелінійністю розглядається енергоінформаційним методом [30], який базується на фізичному уявленні: *параметри системи і процесу, що здійснює дана система, визначаються відповідними енергіями, рівно, як властивості часу і простору, в якому вони утворюються.*

В енергоінформаційному аналізі стохастичного і нестационарного руху природних систем головним є постулат: *міженергетичні закони збереження (балансу), зміни, переносу і упакування енергії діють одночасно* [30]. Згідно даної точки зору всі поняття нелінійності узагальнюються одним поняттям, а саме, *енергетична нелінійність – реакція системи на зовнішню дію з певною енергією.* Зовнішня дія на фізичну систему в рамках фізик Ньютона і Гамільтона моделюється системою сил або системою імпульсів відповідно, в рамках квантової механіки – енергетичними співвідношеннями закону збереження енергії.

Хвильове поле коливань поверхні Землі та геологічного середовища при дії сейсмічного імпульсу в сейсмозвідці має початок, кінець, квантування, часові коливання, які, з наведеної точки зору, обумовлені саме нелінійними процесами, фізичним представником яких є дисипативні сили, які змінюються у хвилі від нуля, для випадків передачі шаром енергії хвилі без втрат, до максимальних значень, що утворюють повне поглинання енергії хвилі в шарі.

### Енергетичний підхід визначення АФКЗ-ХП

В роботах [31-34] авторами розроблені теоретичні основи динаміки фізичної системи „геологічне середовище–Р-хвиля” для задач сейсмозвідки у вигляді скалярного потенціалу Ламе

$$\Phi(x,t) = X(x)T(t) = e^{-\gamma t} C_1 \cos \theta + C_2 \sin \theta, \quad (1)$$

[м·с]  
де

$$\theta = \omega t \pm x/V_p + \theta_0 - \text{фаза хвилі;}$$

$$\theta_0 - \text{початкова фаза хвилі;}$$

$\omega = \sqrt{V_p^2 \kappa^2 - \gamma^2}$  – частота хвилі (далі названа частотою Проні);

$\beta = V_p \kappa$  – власна частота хвилі (далі названа частотою Фур'є);

$\gamma = \frac{2\eta}{3\rho} \kappa^2$  – коефіцієнт загасання (далі названа частотою загасання);

$\eta$  – коефіцієнт динамічної в'язкості;

$\kappa$  – хвильове число;

$\rho$  – густина геологічного середовища (ГС);

$\lambda, \mu$  – пружні параметри ГС або коефіцієнти Ламе;

$$V_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} - \text{швидкість Р-хвилі в}$$

ГС;

$C_1, C_2$  – сталі коефіцієнти,

що коливає поверхню Землі. Швидкість цих коливань реєструється сейсмоприймачем. Дія Р-хвилі на поверхню Землі виконується потоком відбитих сейсмічних імпульсів, що утворюються в процесі розповсюдження Р-хвилі у глибину геологічного середовища в моменти зміни енергетичної нелінійності шару, обумовленої літологічними різницями.

Після виконання певних умов для конструкції датчика сейсмоприймача [34], скалярний потенціал  $\Phi(x,t)$  ідентифікується авторами в [31,32,33] з переміщеннями, як у півпросторі, так і на поверхні Землі, що дозволило авторам шляхом моделювання вивчати динаміку плоскої Р-хвилі на межі середовищ з різними моделями, а саме, пружного і в'язко-пружного середовищ.

З точки зору моделювання фізики *вимушеного* руху фізичної системи, якою є певний об'єм, як у півпросторі, так і на поверхні Землі, що коливається під дією Р-хвилі, та *коректності* використання поняття скалярний потенціал, інформативність моделі (1) можна покращити у якісному та кількісному аспектах. До якісного аспекту слід віднести коректність та адекватність використання фізичного уявлення про потенціал Ламе під час моделювання *вільного* руху фізичної системи, а до кількісного – використати дану модель для вивчення і *вимушеного* руху фізичної системи.

З метою підвищення адекватності і інформативності моделювання процесу контролю відбитих Р-хвиль на поверхні Землі рекомендується розглядати систему неоднорідних диференціальних рівнянь виду (2)

$$\left\{ \begin{aligned} \ddot{x}(t) + 2\frac{\mu}{m_0} \dot{x}(t) + \frac{k}{m_0} x(t) &= \frac{F_0(t)}{m_0} \\ \left. \frac{d^2\Phi(t)}{dt^2} + 2\gamma \frac{d\Phi(t)}{dt} + V_p^2 \kappa^2 \Phi(t) \right|_{x=0} &= \frac{F(t)}{m} T t \Big|_{x=0}, \quad (2) \\ \left. \ddot{X}(t) + \frac{2}{\Delta t} \dot{X}(t) + \frac{2}{\Delta t^2} X(t) \right|_{x=0} &= \frac{F(t)}{m} \end{aligned} \right.$$

де

$x(t) \cong X(t)$  – переміщення датчика сейсмоприймача від точки рівноваги еквівалентного переміщенню поверхні Землі;

$\Phi(x=0, t)$  – потенціал Ламе на поверхні Землі;

**перше рівняння** – фізична система „датчик-земля”, моделює динаміку сейсмоприймача вимушену коливаннями поверхні Землі, який має сталі параметри:  $\mu, k, m_0$  – загасання, пружності і маси відповідно (ліва частина рівняння – слідство, права частина – причина),  $F_0$  – сила, що діє на датчик сейсмоприймача з боку поверхні Землі.

**друге** – фізична система „земля-хвиля”, вимушену динаміку поверхні Землі масою -  $m$  потенціалом Ламе, що має імпульс -  $F\Delta t$ , утворений Р-хвилею з параметрами:  $\gamma, \kappa, V_p$ , (права частина рівняння слідство, ліва частина – причина),  $F$  – сила, що діє на поверхню Землі з боку Р-хвилі;

**третє** – фізична система „хвиля-фізична точка”, загальну геометрію траєкторії фізичної точки у фізичному просторі [36], яка має масу -  $m$  і на яку тривалістю -  $\Delta t$  діє сила -  $F$  (ліва частина рівняння – слідство, права частина – причина); і зробити коректною, якщо у якості скалярного потенціалу розглядати енергетичний потенціал, а саме, енергію акустичної хвилі, що коливає поверхню Землі.

Тоді всі рівняння у системі (2) необхідно представити в енергетичному вигляді шляхом інтегрування кожного рівняння на власну *d(функцію)* у вигляді (3)

$$\left\{ \begin{aligned} & \int \left[ \ddot{x}(t) + 2\frac{\mu}{m_0} \dot{x}(t) + \frac{k}{m_0} x(t) \right] dx = \int \frac{F(t)}{m_0} dx \\ & \int \left[ \frac{d^2\Phi(t)}{dt^2} + 2\gamma \frac{d\Phi(t)}{dt} + V_p^2 \kappa^2 \Phi(t) \right] d\Phi \Big|_{x=0} = \\ & = \int \frac{F(t)}{m} T(t) d\Phi \\ & \int \left[ \ddot{X}(t) - \frac{2}{\Delta t} \dot{X}(t) + \frac{2}{\Delta t^2} X(t) \right] dX = \int \frac{F(t)}{m} dX \end{aligned} \right. , \quad (3)$$

Праві частини кожного рівняння в системі рівнянь (3) однакові, оскільки диференціал потенціалу Ламе можна представити у вигляді  $d\Phi = TdX$ . Так, інтеграл  $\int F(t)dX = E(t)$  визначає енергію Р-хвилі, а так, враховуючи [35-37] закон переносу енергії осцилятором у вигляді  $E = \sqrt{KU} = 0,5\dot{x} t x t \sqrt{mk} =$

$$= \frac{1}{2} m\omega \dot{x} t x t , \quad \text{праві}$$

частини системи рівнянь (4) можна представити у

вигляді  $\int \frac{F(t)}{m} dX = 0,5\omega \dot{x} t x t$ . Інтеграл

$\int \frac{F(t)}{m} d\Phi$  є скалярним потенціалом кінетичної

енергії з метрикою -  $M/c^2$ , а інтеграл

$$\int \frac{F(t)}{T^{-1} t m} d\Phi$$

$$= \int \frac{F(t)}{m} \frac{d\Phi}{dX} d\Phi = \frac{F(t)}{mV} \frac{d\Phi}{dt} \Phi =$$

$$0,5\omega t \dot{\Phi}\Phi = 0,5\ddot{\Phi}\Phi = 0,5\dot{\Phi}^2$$

потенціалом потенціальної енергії з метрикою -  $\dot{t}^2$ . На підставі того ж самого закону переносу

енергії інтеграли виду  $\int \ddot{X}(t)dX, \int \ddot{\Phi}(t)d\Phi$

можна представити у вигляді

$$\int \ddot{X}(t)dX = \int \omega^2 X(t)dX =$$

$$= 0,5\omega^2 X^2(t) = 0,5\dot{X}^2(t)$$

$$\int \ddot{\Phi}(t)d\Phi = \int \omega^2 \Phi(t)d\Phi =$$

$$= 0,5\omega^2 \Phi^2(t) = 0,5\dot{\Phi}^2(t)$$

Остаточна система рівнянь (3) буде мати вигляд

$$\left\{ \begin{aligned} & \dot{x}^2(t) + \left( 4\frac{\mu}{m_0} - \omega \right) x(t)\dot{x}(t) + \frac{k}{m_0} x^2(t) = 0 \\ & \dot{\Phi}^2(t) + 4\gamma - \omega \dot{\Phi}(t)\Phi(t) + V_p^2 \kappa^2 \Phi^2(t) = 0 \\ & \dot{X}^2(t) + \left( \frac{4}{\Delta t} - \omega \right) X(t)\dot{X}(t) + \frac{2}{\Delta t^2} X^2(t) = 0 \end{aligned} \right.$$

, (4)

де

$\omega$  – частота Проні Р-хвилі;

$V_p$  – швидкість, стохастичні параметри Р-хвилі.

Узагальнене диференціальне рівняння для системи рівнянь (4) має наступний вигляд

$$\dot{x}^2(t) + \alpha x(t)\dot{x}(t) + \beta^2 x^2(t) = 0 , \quad (5)$$

рішенням якого є функція зміни стану фізичної системи в загальних координатах

$$x t = x_0 e^{-0,5\alpha \pm \sqrt{0,25\alpha^2 - \beta^2} t - t_0} =$$

$$= x_0 e^{-\Delta\varphi t}$$

(6.1)

$$\dot{x} t = x_0 -0,5\alpha \pm \sqrt{0,25\alpha^2 - \beta^2} e^{-0,5\alpha \pm \sqrt{0,25\alpha^2 - \beta^2} t}$$

(6.2)

або у вигляді скалярних потенціалів кінетичної і потенціальної енергії

$$x^2 t = x_0^2 e^{-\alpha \pm \sqrt{\alpha^2 - 4\beta^2} t - t_0}, \quad (7.1)$$

$$\dot{x}^2 t = x_0^2 \left( 0,5\alpha^2 - \beta^2 \pm \alpha \sqrt{0,25\alpha^2 - \beta^2} \right) e^{-\alpha \pm \sqrt{\alpha^2 - 4\beta^2} t - t_0}, \quad (7.2)$$

де

$$\alpha = \left( 4 \frac{\mu}{m_0} - \omega \right); \alpha = 4\gamma - \omega; \alpha = \left( \frac{4}{\Delta t} - \omega \right)$$

– загальна частота загасання у фізичній системі, відповідно для системи рівнянь (4);

$$\beta = \sqrt{\frac{k}{m_0}}, \beta = V_p \kappa, \beta = \frac{\sqrt{2}}{\Delta t}$$

частоти Фур'є фізичних систем, відповідно, для системи рівнянь (4);

$\Delta\varphi t = \omega_0 \Delta t$  – фаза відхилення фізичної системи від стану рівноваги;

$$\omega_0 = -0,5\alpha \pm \sqrt{0,25\alpha^2 - \beta^2}$$

– загальна частота фізичної системи;

$\Delta t$  – час спостереження стану фізичної системи.

Рішення (7.1) і (7.2) моделюють динаміку поверхні Землі: еліптичну при умові  $\alpha^2 < 4\beta^2$  і гіперболічну при умові -  $\alpha^2 \geq 4\beta^2$ .

Відмінністю моделей (7.1) і (7.2) від моделі (1) є: по-перше, узагальнення динаміки поверхні Землі і розгляд її на енергетичному рівні, якому відповідають початкові і граничні умови енергетичних станів розглянутих фізичних систем (датчика, поверхні Землі, фізичної точки); по-друге, розглядається динаміка вимушених коливань поверхні Землі на енергетичному рівні, що дозволяє контролювати зміну енергетичних станів коливальної системи у кожній точці відліку сейсмичного запису; по-третє, динаміку поверхні Землі визначають енергетичні потенціали Р-хвилі, тому амплітуди коливань поверхні будуть, як загасаючими -  $\alpha > 0$ , так і зростаючими -  $\alpha < 0$ , коли на інтервалі  $\Delta t$  діє новий відбитий сейсмичний імпульс (ВСІ) на поверхню Землі з новою енергією, що дозволяє проводити аналіз стохастичного і неоднорідного акустичного хвильового поля в кожній точці відліку в часі на інтервалі дії Р-хвилі з заданою довжиною хвилі; четверте – модель функції -  $\Phi(x,t)$  для переміщення, яка на думку самих авторів [31] не дозволяє розкласти дану функцію, як „солітон”, замінено на модель функції  $\Phi^2(x_i, t_i)$  або  $\dot{\Phi}^2(x_i, t_i)$  для скалярних (енергетичних)

потенціалів Ламе, що дозволяє розглядати дану функцію, як функцію детермінованої імовірності (ФДІ) [37], яка представляє собою „солітон”, що побудований з урахуванням законів збереження, зміни, переносу та упакування енергії [35,36].

Іншими словами, рівняння (7.1), (7.2) моделюють енергетичний стан фізичної системи в кожній точці часу окремо (диференціальна-миттєва динаміка енергетичних станів) і динаміку енергетичних станів даних фізичних систем на інтервалі дії Р-хвилі з певною довжиною хвилі (інтегральна-середня динаміка енергетичних станів).

З рівнянь (7.1), (7.2) можна визначити миттєву частоту (не за Гільбертом) фізичної системи, що явно не залежить від часу, у вигляді

$$\tilde{\omega}^2 = \frac{\dot{x}^2 t}{x^2 t} = 0,5\alpha^2 - \beta^2 \pm \alpha \sqrt{0,25\alpha^2 - \beta^2}, \quad (8.1)$$

або з рівняння (7.1) – миттєву частоту, що явно залежить від часу, у вигляді

$$\tilde{\omega} t = \frac{1}{2 t - t_0} \ln \frac{x^2 t}{x_0^2}, \quad (8.2)$$

фізичний зміст якої є загальна частота тобто  $\tilde{\omega} t = \omega_0 t$ .

Оцінка якості руху частинок ГС у Р-хвилі (поступальний, гіперболічний, гіперболічно-еліптичний, еліптичний) виконується за допомогою дискримінанту – D рівняння (8.1)

$$D^2 \pm \alpha D + 0,25\alpha^2 - \tilde{\omega}^2 = 0$$

$$D_{1,2,3,4} = \mp 0,5\alpha \pm \tilde{\omega} \quad (9)$$

де

$$\tilde{\omega} = -0,5\alpha \pm \sqrt{0,25\alpha^2 - \beta^2} \quad \text{для} \quad \alpha^2 \geq 4\beta^2 \quad (9.1)$$

$$\tilde{\omega} = -0,5\alpha \pm j\sqrt{\beta^2 - 0,25\alpha^2} = \beta e^{\pm i\theta}, \theta \quad (9.2)$$

Рівняння (9.2) показує, що для умови  $\alpha^2 < 4\beta^2$  (коливальний процес) миттєва частота дорівнює модулю власної частоти для нульового значення фази зсуву, яка визначається частотою релаксації, обумовленої фізичними параметрами середовища;

З рівняння (9.1) має загальна залежність частоти загасання у вигляді

$$\alpha^2 = \left( \tilde{\omega} + \frac{\beta^2}{\tilde{\omega}} \right)^2, \quad (10)$$

Запропонований енергетичний підхід щодо аналізу геофізичних параметрів ГС за допомогою Р-хвилі дозволяє визначати наступні параметри геологічного середовища:

- 1)  $\eta$  – коефіцієнт динамічної в'язкості;
- 2)  $\rho$  – густину;
- 3)  $\lambda + 2\mu$  – комплексний пружний параметр Ламе, на базі 1 мс. або біля 3÷5 м.

Рівняння (10) пов'язане з аргументом функції детермінованої імовірності [37] (ФДІ), що має фізичний зміст - передачі енергії фізичним простором (системою фізичних точок з рівномірно розподіленою енергією) з одночасною дією законів – збереження, зміни, переносу і упакування енергії, і має вигляд

$$\ln E_0 / E = \psi^2, \quad (11)$$

де  $E_0, E$  – енергія на вході та виході фізичної системи;

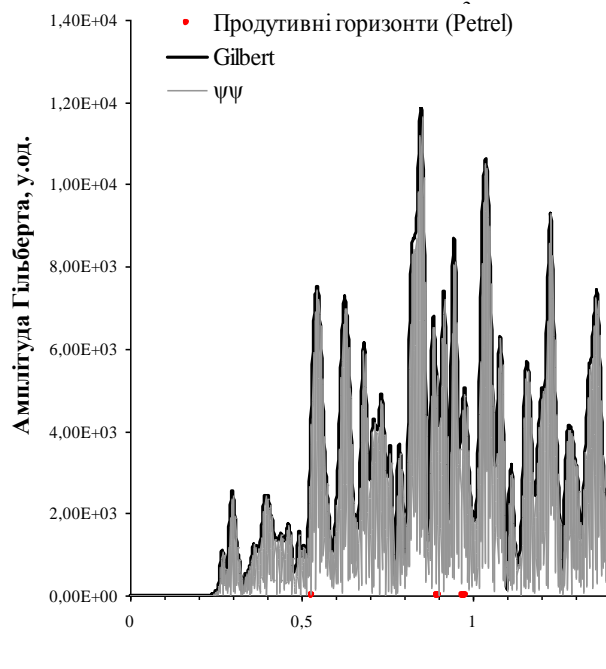
$$\psi^2 = \frac{KU}{E^2} = \frac{KU}{K+U^2} = \frac{U/K}{1+U/K^2} = \frac{kx^2/m\dot{x}^2}{1+kx^2/m\dot{x}^2}$$

- енергетична фаза, що вказує на кількість переданої енергії;

$\beta = \sqrt{\frac{k}{m}}$  - власна частота фізичної системи (частота Фур'є);

$\tilde{\omega} = \frac{\delta}{\tilde{\omega}}$  - миттєва частота процесу передачі енергії системою з нескінченною кількістю фізичних точок (фізичним простором) [35-37].

Енергетична фаза в точності, і з математичним, і фізичним змістом, дорівнює рівнянню (10), представленим у вигляді



Враховуючи, що для сталих квантових осциляторів мають місце наступні міженергетичні співвідношення

$$\psi^2 = \frac{KU}{E^2} = \frac{\left(\frac{1}{2}m\dot{x}^2 - \frac{1}{2}kx^2\right)}{\left(\frac{1}{2}m\dot{x}^2 + \frac{1}{2}kx^2\right)^2} = \frac{\dot{x}^2\beta^2x^2}{\dot{x}^2 + \beta^2x^2} = \frac{\dot{x}^2\beta^2x^2}{\dot{x}^2 + \beta^2x^2}$$

де

$$\theta = \beta t = \sqrt{\frac{k}{m}}t - \text{фаза осцилятора,}$$

можна надати наступну фізичну інтерпретацію частоти загасання

$$\frac{1}{\alpha^2} = \frac{\sin^2 2\theta}{4\beta^2} = \left[ \frac{\sin 2\beta t}{2\beta} \right]_{\beta \rightarrow 0}^2 = t^2 \quad (14)$$

або з урахуванням рівняння (10)

$$\frac{1}{\alpha^2} = \left[ \frac{\sin 2\sqrt{\tilde{\omega}} \alpha - \tilde{\omega} t}{\beta^2 \sqrt{\tilde{\omega}} \alpha - \tilde{\omega}} \right]_{\alpha \rightarrow \tilde{\omega}}^2 = t^2 \quad (15)$$

Фізична інтерпретація рівняння (14) – середовище, що не має власних коливань не передає енергію (повне відбиття), а фізична інтерпретація рівняння (15) – рівність миттєвих частот передачі енергії і загасання теж не дозволяє передавати енергію (повне поглинання).

Оскільки у ФДІ потенційна енергія може бути представлена  $\pm U, \pm jU$ , то дисперсійне співвідношення (12) належить, як до дійсних, так і до комплексних чисел, але для обох випадків енергетичний інваріант є однаковим, що підтверджує його фізичну універсальність і повноту, оскільки ФДІ побудована на врахуванні законів: збереження, переносу, зміни і упакування енергії, що надає перетворенням Гільберта, рівності для дійсних сигналів, результату

результативний на ого а і і алу

**Висновки.**

Амплітудно-фазовий коефіцієнт загасання енергії хвилі, що передається фізичною системою, визначається частотою, на якій частка енергії хвилі залишається в системі, відбивається або затримується у часі після передачі системою решти заданої енергії хвилі.

Розроблена енергоінформаційна модель визначення амплітудно-фазового коефіцієнту загасання стохастичного і нестационарного процесу коливань поверхні Землі під час проведення сейсмічного профілювання геологічних об'єктів, що досліджуються на вміст покладів вуглеводнів, додатково дозволяє:

- 1) надати перетворенням Гільберта більш широкий фізичний зміст ніж, попередньо закладений у них, закон упакування енергії (потенціальна енергія дорівнює кінетичній), а саме, нормалізує дані перетворення на закони збереження, зміни, перенесення і упакування енергії за допомогою функції детермінованої імовірності;
- 2) з заданою дискретністю в часі визначати в точці хвильового поля миттєву (не за Гільбертом), фазову (Проні), власну (Фур'є) і частоту загасання (час релаксації) геологічного середовища;
- 3) визначати фазовий зсув між вхідною енергією і вихідною енергією Р-хвилі фізичної системи, що передає дану енергію з миттєвою частотою, обумовленої фізичними параметрами системи.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

- 1 Тарасов В.Е. Квантовые диссипативные системы. – Теоретическая и математическая физика // Том 100.– №3.– 1994. – с. 402–417.
- 2 Ланцош К. Вариационные принципы механики. // Мир.– М.– 1965.– с 408.
- 3 Голдстейн Г. Классическая механика. М.– 1957.– с. 351.
- 4 Sedov L.I. I/ Applied Mechanics. (Proc. 11th Intern. Congr. Appl. Mech., Munich, 1964.) Springer-Verlag, 1966. P.9-19.
- 5 Седов Л.И.И // Математические методы построения новых моделей сплошных сред. Т.20.– №.5.– 1965.– с.121-180.
- 6 Sedov L.I.// Irreversible Aspects of Continuum Mechanics and Transfer of Physical Characteristics of Moving Fluids. (Proc. IUTAM Symp. Vienna, 1966) Springer-Verlag, 1968. P.346-358.
- 7 Sedov L.I.// Z. Angew. Math, und Phys. 1969. V.20. N.5. P.643-658.
- 8 Седов Л.И.// Прикл. мат. и мех. Т.32.– №.5.– 1968.–с.771-785.
- 9 Седов Л.И., Цыпкин А. Г. Принципы макроскопической теории гравитации и электромагнетизма. // Наука.– М.– 1989.– с. 272.
- 10 Poincare H.// Acta Math. 1890. V.13. P.67-72; Rev. Metaphys. et Morale. 1893. V.I. P.534-537.
- 11 Zermelo E.// Ann. Phys. 1896. V.57. P.485-494.
- 12 Misra B.// Proc. Nat. Acad. Sci. US. 1978. V.75. P.1629.
- 13 Пригожий И. От существующего к возникающему. // Наука.– М.– 1985.– с. 255.
- 14 Боголюбов Н.Н. Проблемы динамической теории в статистической физике. // Гостехиздат.– М.– 1946.– с. 318.
- 15 Боголюбов Н.Н. Нелокальная статистическая механика // ЖЭТФ. Т.16.– №.8.– 1946.– с.691-702.
- 16 Либов Р. Введение в теорию кинетических уравнений. // Мир.– М.– 1974.– с.371
- 17 Балеску Р. Равновесная и неравновесная статистическая механика. // Мир.– М.– 1978.– с. 408.
- 18 Дирак П.А.М. Лекции по квантовой механике. // Мир.– М.– 1968.– с.320.
- 19 Дирак П.А.М. Принципы квантовой механики. // Мир.– М.– 1968.– с.370.
- 20 А. Фрейденталь, Х. Гейрингер. Математические теории неупругой сплошной среды. М: «Физматгиз», 1962, 432 с.
- 21 П. Жермен. Курс механики сплошных сред (общая теория). М: «Высшая школа», 1983, 399 с.
- 22 А.Г.Авербух. Изучение состава и свойств горных пород при сейсморазведке. М: «Недра», 1982, 230 с.
- 23 Ампилов Ю.П. Поглощение и рассеяние сейсмических волн в неоднородных средах // Наука.– М.– 1992.– 156 с.
- 24 Берзон И.С., Епинатьева А.М., Парийская Г.Н., Стародубовская С.П. Динамические характеристики сейсмических волн в реальных средах. // Изд-во АН СССР.– М.– 1962.– 512 с.
- 25 Гаранин В.А., Рогоза О.И. Сибатулина Ф.И. О поглощающих свойствах водонасыщенных и газонасыщенных коллекторов. // Прикладная геофизика. – М.– 1965.– с. 109-112.
- 26 Гринь Д.М. Базисні функції, спектральна корекція та обвідні сейсмічних трас. // Геофізичний журнал.– №3.– 2001.– с. 95-105.
- 27 Коган С.Я. Краткий обзор теорий поглощения сейсмических волн. // Изд-во АН СССР. Сер. Физика Земли.– №11.– 1966.– с. 3–38.
- 28 Уайт Дж. Э. Возбуждение и распространение сейсмических волн. // Недр.– Москва.– 1986.– с. 262.
- 29 Карпенко В.Н., Стародуб Ю.П., Стасенко В.Н., Билоус А.И. Энергоинформационный подход к вопросу оценки горизонтальной составляющей волнового поля по данным 1-D сейсмического эксперимента. Buletinul Insitutului de geologie și seismologie al Academiei de științe a moldovei. No. 2. -2006. – С.14-27.
- 30 Карпенко В.М., Стародуб Ю.П. Концепція методу енергетичного аналізу руху елементарних об'єктів літосфери Землі. //

- Вісник Львів.– Випуск № 20. – 2006.– с. 7–235.
- 31 Гурьянов В.М., Гурьянов В.В. Левянт В.Б. Особенности распространения сейсмических волн в коллекторах, влияющие на их выявление и дифференциацию. Часть 1.// Геофизика ЕАГО. М.2001. №6. С. 10-15
- 32 Гурьянов В.М., Гурьянов В.В. Левянт В.Б. Особенности распространения сейсмических волн в коллекторах, влияющие на их выявление и дифференциацию. Часть 2. (Общий случай упруго-сжимаемой вязко-упругой среды).// Геофизика ЕАГО. М.2003. №4. С. 6-10
- 33 Гурьянов В.М., Гурьянов В.В. Левянт В.Б. Особенности распространения сейсмических волн в коллекторах, влияющие на их выявление и дифференциацию. Математические модели в геофизике. Ч.І. Тр. Междун. конф. Новосибирск. Изд.-во СО РАН. 2003. № 3. С.93-98.
- 34 Рыжов А. В. Электродинамические сейсмоприемники в российской геофизике // Приборы и системы разведочной геофизики.– №3.– 2008.– с. 5–51.
- 35 Карпенко В.М. Стародуб Ю.П. Рівняння Гауссової лінії на поверхні. Вісник Львів. ун-ту. Серія прикладна математика. Вип. 14. — 2008. — С.7–235.
- 36 В.М. Карпенко, Ю.П. Стародуб, Модель загальної геометрії фізичного простору в задачах геофізики. // Геодинаміка.– Львів. – 2009.– 12-14.
- 37 В.М. Карпенко, Ю.П. Стародуб, Функція детермінованої ймовірності у дослідженнях будови Землі геофізичними методами. // Геоінформатика. №4.– Київ.– 2007.– с. 31–39.

Рассмотрен метод определения амплитудно-фазового коэффициента затухания энергии акустических волн в неоднородном полупространстве. В основу метода положена энергетическая модель процессов возбуждения, передачи, отражения и приёма акустического импульса, учитывающая законы: сохранения (баланса), изменения, переноса и упаковки энергии. Данная модель определила физический смысл затухания, как, сдвиг во времени между частью (остаётся в прошлом) и переданной (перешла в будущее) энергии физической системой, информация о потерянной энергии передаётся в будущее, как отличие принятой энергии от заданной энергии, которые контролируются на поверхности полупространства.

The method of determining the amplitude and phase attenuation coefficient of energy of acoustic waves in an inhomogeneous half-space is considered. The method is based energy model of the processes of excitation, transmission, reflection and reception of the acoustic pulse, taking into account the laws: the conservation (balance), change, transport and packaging of energy. This model has defined the physical meaning of decay, as the time shift between the side (left in the past) and transmitted (passed in the future) physical energy of the system, the information about the lost energy is transferred into the future, as unlike the accepted energy from a given energy, which are controlled on the surface of the half.