

Є. Янютін

Професор, д-р техн. наук,
Національний технічний
університет «ХПІ»,
м. Харків

Н. Воропай

Аспірант

Г. Гнатенко

Аспірант

Харківський національний
автомобільно-дорожний
університет,
м. Харків

УДК 539.3

ПРЯМІ ТА ОБЕРНЕНІ ЗАДАЧІ ДЛЯ БАЛКИ ТА ПЛАСТИНИ-ПОЛОСИ

*Єтїсаеуїоо³ і'дїї³ є іаадїаї³ сааа-³ даїдї; і'дїаеї і'дїї³ і'дїї і'оєїїїо а'р іа і'дїаеїо
ааеєо неїї-аїїї; аїааеїе да і' і'оєїїїо а'р іа і'дїаеїо і'аііі-аїїо і'еаіііо-і'їїїііо.
Саї'дїїїїіааїа і'аїаеєа аеїїа-аїїу саеїїо сі і'е і'аііаііііаіііеа а'е о -аіі. І аааааї³
даїоєїіааде -еіііаеа аеіііадеї аїо³а с³ ааїоєо³еао³; іаа³аїі іаї іаааїоаааїїу іа
ііііа³ аеаїаїеа ааїеа іаае³де-їеа³ аеіііадеї аїоаеїїеа аїіііаааїїу. І де дїїса'уїоааїїї
сааа-³ ааїоєо³еао³; іаа³аїі еа іаааїоаааїїу аеїїдеііаї³ дааеуїдеїо³-³ аеаїдеїі е
А. І . Оеїїїіаа да А. Н. Аї'а'дїеїа.*

пряма задача, обернена задача, балка, пластина-полоса

Часто при проектуванні різних конструкцій виникають питання правильного вибору величини й характеру зміни в часі діючих навантажень. Цьому може сприяти вміння розв'язувати так звані обернені задачі, пов'язані з безпосереднім визначенням діючих сил.

Сучасні математичні методи дають можливість розв'язувати обернені задачі, однак те, що більшість задач такого типу є некоректно поставленими, вимагає розроблення спеціальних підходів і методів їх розв'язування.

У статті наведена методика розв'язування таких задач на прикладі двох обернених задач теорії пружності для різних типів елементів конструкцій.

Серед публікацій у галузі механіки деформівного твердого тіла велику частку займають дослідження, пов'язані з розв'язуванням прямих задач теорії пружності. Значно рідше зустрічаються праці, присвячені оберненим задачам, тобто таким, що полягають в оберненні причинно-наслідкового зв'язку.

Прямі задачі теорії пружності й методика їх ефективного розв'язування, в тому числі й для балки скінченної довжини при її ударному навантаженні, наведені в монографії [1]. Експериментальні дослідження подібних ударних явищ при деформуванні однопрогінної балки подані в [2].

Обернені задачі теорії пружності, такі як задачі з визначення імпульсної дії на елементи конструкцій, і способи їхнього розв'язання представлені, наприклад, у монографії [3]. В монографії також наведено результати досліджень з визначення імпульсного навантаження, що діє на затиснену по контуру сферичну оболонку, проведено аналіз проблем, що виникають при розв'язуванні задач подібного класу. Там же наведено результати аналогічних досліджень з ударного навантаження плити і деяких інших обернених задач, а також методи їхнього ефективного розв'язування.

Метою статті є побудова способів ідентифікації невідомих навантажень, що діють на однопрогінні балки та нескінченні пластина-полоси. Основою розв'язку таких обернених задач часто є аналіз відповідних прямих задач, тому в статті приділена увага прямим задачам теорії пружності щодо вказаних елементів конструкцій.

Результати числових розрахунків, з метою оцінки вірогідності отриманої методики, піддані порівнянню з відповідними результатами аналітичних і експериментальних досліджень.

Опис задачі про визначення імпульсного навантаження балки. Розглядається вплив рівномірно розподіленої по деякій одновимірній області навантаження з

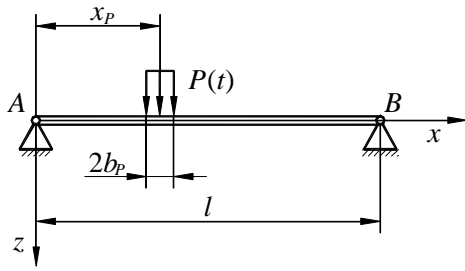


Рис. 1. Розрахункова схема балки

інтенсивністю $P(t)$ на однопрогінну шарнірно закріплену балку довжини l еквівалентно схемі, зображеній на рис. 1.

Дослідження поперечних коливань балки виконаємо на основі моделі теорії типу С. П. Тимошенка [4], а саме: з використанням системи диференціальних рівнянь, що мають такий вигляд:

$$\begin{cases} \rho F \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} - k' \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} - \frac{\partial \psi}{\partial x} \right) FG = q(x, t); \\ EI \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + k' \left(\frac{\partial w}{\partial x} - \psi \right) FG - \rho I \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = 0, \end{cases} \quad (1)$$

де $q(x, t)$ — закон розподілу навантаження, що містить функцію зміни нестационарного в часі впливу $P(t)$.

Розв'язок системи диференціальних рівнянь (1), у припущенні нульових початкових умов, отримаємо шляхом розкладання шуканих функцій у тригонометричні ряди. Форма запису розв'язку показана нижче:

$$\begin{aligned} w(x, t) &= \frac{4}{\rho Fl} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sin \lambda_k x_p \sin \lambda_k b_p}{\lambda_k} \times \\ &\times \int_0^t P(\tau) \sum_{i=1}^2 (-1)^i C_{ik} \sin \omega_{ik}(t - \tau) d\tau \sin \lambda_k x; \\ \psi(x, t) &= \frac{4b}{\rho Fl} \sum_{k=1}^{\infty} \sin \lambda_k x_p \sin \lambda_k b_p \times \\ &\times \int_0^t P(\tau) \sum_{i=1}^2 \frac{(-1)^i}{\omega_{ik} D_k} \sin \omega_{ik}(t - \tau) d\tau \cos \lambda_k x, \end{aligned} \quad (2)$$

$$\text{де } \lambda_k = \frac{k\pi}{l}; a = \frac{k'G}{\rho}; b = \frac{k'GF}{\rho I}; c = \frac{E}{\rho};$$

$$D_k = \sqrt{((a+c)\lambda_k^2 + b)^2 - 4ac\lambda_k^4}; \omega_{1,2k} = \frac{(a+c)\lambda_k^2 + b \pm D_k}{2};$$

$$C_{ik} = \frac{b + c\lambda_k^2 - \omega_{ik}^2}{\omega_{ik} D_k}.$$

Метою процедури ідентифікації (відновлення) є пошук невідомого закону зміни навантаження $P(t)$ за даними параметрів напружено-деформованого стану або переміщеннями, що реєструються. У випадку реєстрації закону

зміни деформацій ϵ_x у деякій точці на балці з координатою x_s , на підставі виразу $\epsilon_x = z \partial \psi / \partial x$ (z — обрана віддаль від нейтральної осі балки до площини реєстрації), отримаємо

$$\int_0^t P(\tau) K(t - \tau) d\tau = \epsilon_x(t), \quad (3)$$

$$\text{де } K(t) = \frac{2bh}{\rho Fl} \sum_{k=1}^{\infty} \lambda_k \sin \lambda_k x_p \sin \lambda_k b_p \sum_{i=1}^2 \frac{(-1)^i}{\omega_{ik} D_k} \sin \omega_{ik}(t) \sin \lambda_k x_s.$$

Вкажемо, що в цьому рівнянні невідома функція $P(t)$, а функція $\epsilon_x(t)$, що входить у праву частину рівняння, є заданою і вимірюється, наприклад, у процесі відповідного числового або натурного експериментів.

Рівняння (3) є інтегральним рівнянням Вольтера 1-го роду, розв'язок якого можна отримати за допомогою різних способів, у тому числі й числових. Однак при неточно заданій правій частині рівняння, що природно, оскільки вихідні дані найчастіше виходять зі спостережень, розв'язок стає нестійким через некоректність завдання, обумовлений специфікою поведінки інтегральних рівнянь Вольтера 1-го роду [5]. Нижче застосований ефективний метод наближеного розв'язування рівняння з використанням регуляризуючого алгоритму А. М. Тихонова [3, 6]. Спосіб дає змогу отримати наближений розв'язок рівнянь типу (3), стійкий до малих змін вихідних даних.

Запишемо інтегральне рівняння (3) в операторній формі:

$$Az \equiv \int_0^t K(t, \tau) z(\tau) d\tau = u(t); \quad z \in Z, \quad u \in U, \quad (4)$$

де z — шукана функція; u — функція, що відповідає правій частині рівняння (3); A — деякий математичний оператор, що переводить елементи $z \in Z$ в елементи $u \in U$ (Z і U — деякі метричні простори).

Для пошуку наближеного розв'язку, відповідно до методу А. М. Тихонова [6], задача розв'язування рівняння (4) замінюється задачею пошуку мінімуму згладжуючого функціоналу, що для цього рівняння має вигляд

$$M^\alpha [z, u_\delta] = \|Az - u_\delta\|_{L_2}^2 + \alpha \|z\|_{W_2^1}^2, \quad (5)$$

де $\alpha > 0$ — параметр регуляризації.

Способом розв'язування такого виду задач є регуляризація матричного рівняння [6], що виходить у результаті переходу до скінченновимірної задачі шляхом апроксимації відповідних інтегралів. При цьому розв'язується СЛАР такого вигляду:

$$(\mathbf{A}^T \cdot \mathbf{A} + \alpha \cdot \mathbf{C}) \cdot \mathbf{z} = \mathbf{A}^T \cdot \mathbf{u}_\delta, \quad (6)$$

де \mathbf{A} — матриця, яка є скінченно-різницевою аналогом оператора в рівнянні (4), що взятий на сітці з рівномірним кроком $\Delta t = t/M$; \mathbf{A}^T — транспонована до \mathbf{A} матриця; \mathbf{C} — симетрична тридіагональна матриця розмірності $M \times M$, явний вираз якої наведено в [6]. Значення параметра α

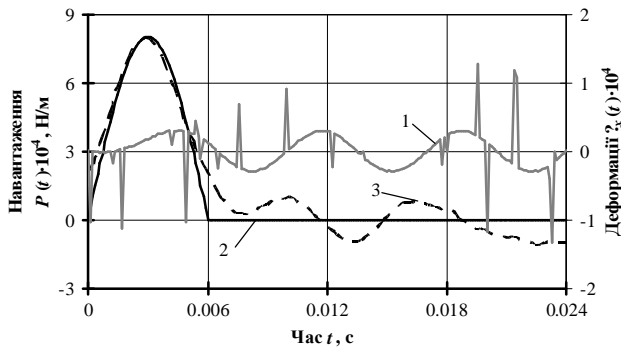


Рис. 2. Результати відновлення навантаження

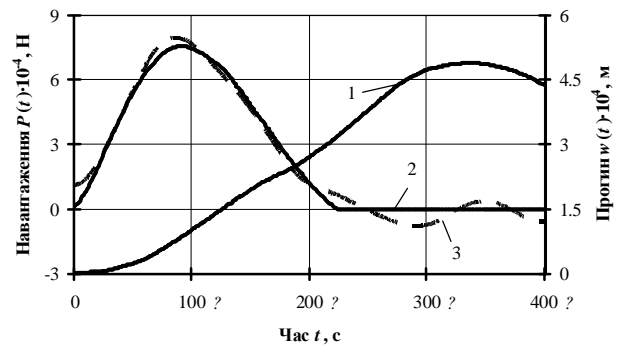


Рис. 3. Результати відновлення навантаження

можна обчислити, наприклад, на підставі принципу нев'язки [6].

На рис. 2 показано графіки ідентифікованого навантаження (крива 3), що були отримані за вихідними даними функції осьових деформацій, позначених на рисунку як крива 1. Значення осьових деформацій були обчислені за формулами, наведеними вище, з додаванням випадкової похибки різної амплітуди в припущенні початкового навантаження, що відповідає кривій 2. Числові розрахунки проводилися для сталеві балки квадратного поперечного перерізу висотою $h = 0.04$ м і довжиною $l = 0.8$ м. Реєстрація функції осьових деформацій проводилась у точці $x_s = 0.1$ м.

При виконанні процедури ідентифікації використані також результати досліджень, що опубліковані в монографіях [1, 2]. У працях наведені результати досліджень ударного впливу на балку вантажем, який падає.

У монографії [1] теоретично було досліджено явище пружного удару по балці скінченної довжини на основі хвильового рівняння С. П. Тимошенка. Авторами були отримані числові значення (розв'язана пряма задача) прогину при деформуванні сталеві рейки Р-4а шляхом скидання на неї сталеві кулі радіусом 11.48 см з висоти 25 см.

Авторами цієї статті, використовуючи зазначені дані прогину в центрі балки, що збігається з точкою удару, були відновлені значення сили, що виникає в місці зіткнення кулі з балкою. Ідентифікація проводилась на основі таких вихідних даних: $l = 0.8$ м; $F = 39.45 \cdot 10^{-4}$ м²; $k' = 0.35$.

На рис. 3 наведені результати відновлення навантаження. Крива 1 відповідає вихідним даним прогину для ідентифікації (взята з рис. 72, а, б монографії [1]); крива 2 — значення сили, отримані авторами цієї монографії в результаті розв'язання прямої нелінійної задачі ($\tau = 0.2022 \cdot 10^{-5}$ с). Крива 3 — графік відновленого ударного навантаження (контактної сили взаємодії) із застосуванням методу А. М. Тихонова.

Автори монографії [2] наводять результати експериментальних досліджень при ударному навантаженні балки, схема якого наведена на рис. 4.

У монографії зроблений опис установки й параметрів вимірювального комплексу, за допомогою якого виконувалась реєстрація параметрів напружено-деформованого стану. Там же наведені осцилограми, що характеризують деформаційний процес, і графіки зміни напружень на поверхні балки, а також її прогинів.

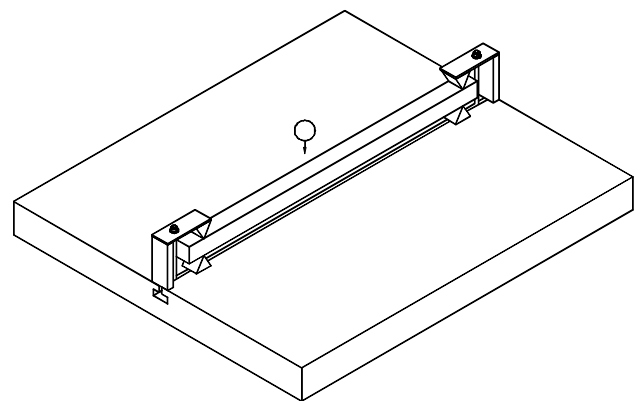


Рис. 4. Схема експериментального дослідження

Балку навантажували у середньому перерізі шляхом скидання сферичної сталеві кулі масою 1.725 кг з висоти 10 см. У процесі дослідження реєстрували деформації (напруження) за допомогою осцилограм, за результатами яких авторами монографії були побудовані графіки зміни напружень у середньому перерізі балки й на віддалі 33 см від середини балки.

Ідентифікацію ударного навантаження виконували за даними осьових деформацій на нижній поверхні балки. Перехід від напружень до осьових деформацій, з огляду на характер напруженого стану балки, здійснювався на основі виразу $\epsilon_x = \sigma_x / E$.

У процесі ідентифікації приймалося, що сила взаємодії між кулею та балкою моделювалася рівномірно розподіленим по деякій області, розмір якої визначався на основі механічних міркувань за відомими залежностями теорії контактної взаємодії тіл.

Результати порівняння отриманих функцій навантаження подані на рис. 5. Криві 1, 2 відповідають функціям навантаження, відновленим за даними, що реєструються для двох різних перерізів балки; крива 3 — усереднене значення сили, розраховане як середнє арифметичне для значень цих двох кривих.

Подані на рис. 5 результати вказують на загалом фізичну вірогідність результатів. Значимо, що на рис. 5 спостерігаються й деякі відхилення від правильного фізичного змісту результатів. Опишемо деякі причини, що могли це викликати.

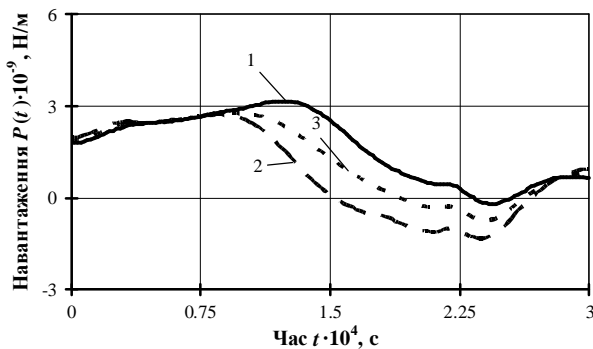


Рис. 5. Відновлене навантаження

По-перше, неминучими є неточності в отриманих експериментальних значеннях, які були вихідними даними при проведенні процедури ідентифікації. У монографії [2] автори не вказують на точність отриманих значень напружень і можливий рівень похибок.

По-друге, спрощений варіант взаємодії елементів системи (балка — падаюча куля) був обраний при процедурі ідентифікації, що відповідає сталій області навантаження. В реальності ця область є змінною в часі в процесі ударної взаємодії.

По-третє, використані при проведенні процедури ідентифікації методи регуляризації дають змогу отримати розв'язки лише наближені до точного розв'язку. Зазначене є особливістю розв'язування некоректних обернених задач за допомогою числових методів.

Можливі й інші неточності, наприклад, точність опису нестационарної поведінки балки згідно з рівняннями теорії С. П. Тимошенка. Причини такого типу описані в монографії [3] при висвітленні питання про порівняння теоретичних результатів з експериментальними даними з ударного навантаження півсферичної оболонки. Ці причини можуть викликати неточності в значеннях величин сил ударної взаємодії, наприклад, що полягають у деяких від'ємних значеннях контактної тиску.

Опис задачі про коливання пластини-полоси під дією зосередженого нестационарного навантаження. Досліджується прямокутна пластина, обмежена прямими $x = 0$, $x = l$, яка навантажена нестационарно. Вздовж осі y пластина є нескінченною при $y \rightarrow \pm\infty$ (рис. 6).

Задача про нестационарні коливання зводиться до розв'язання рівняння класичної теорії поперечних коливань пластини:

$$D\nabla^2\nabla^2 w + \rho h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = P(x, y, t), \quad (7)$$

де $\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$; $D = Eh^3/12(1-\nu^2)$ — циліндрична жорсткість; E — модуль Юнга; ν — коефіцієнт Пуассона; h — товщина пластини; w — прогин; ρ — об'ємна густина матеріалу; t — час; $P(x, y, t)$ — функція, що описує нормальне поперечне навантаження, яке зосереджене вздовж лінії $y = 0$, а за змінною x змінюється за законом синуса, тобто

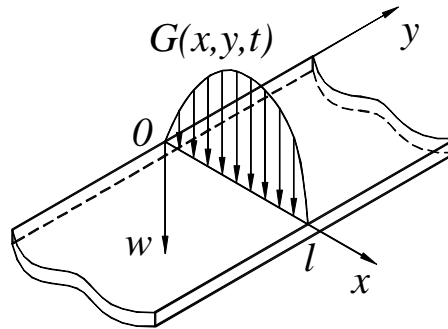


Рис. 6. Схема навантаження пластини-полоси

$$P(x, y, t) = P(t)\delta(y)\sin\left(\frac{\pi x}{l}\right),$$

де $\delta(y)$ — дельта-функція.

Розв'язок рівняння (7) існує при нульових початкових умовах і таких крайових умовах, заданих на межі нескінченної пластини-полоси:

$$w|_{x=0} = 0; w|_{x=l} = 0; \left. \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right|_{x=0, l} = 0; \lim_{y \rightarrow \pm\infty} w(x, y, t) = 0.$$

Цей розв'язок був отриманий з використанням перетворень Лапласа і Фур'є [7, 8] та здійснювався аналогічно побудові розв'язку для мембрани-полоси [9] і має вигляд

$$w(x, y, t) = \frac{1}{2\pi c \rho h} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_0^t \frac{P(\tau)}{(c_1^2 + z^2)} \sin c(c_1^2 + z^2)(t - \tau) d\tau \times \\ \times \cos|yz| dz \cdot \sin \frac{\pi x}{l}, \quad (8)$$

де $c = \sqrt{D/\rho h}$; $c_1 = \pi/m$.

Для числового обрахунку виразу (8) використовувалася матрична форма запису:

$$\mathbf{w} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{P}, \quad (9)$$

де \mathbf{A} — матриця, що відповідає ядру $K(t - \tau)$, елементи якої знаходяться за формулою $a_{ji} = K[(j-i) \cdot \Delta t]$; $\Delta t = T/M$ — крок у часі.

У нашому випадку

$$K(t) = \frac{\Delta z'}{\pi \cdot c \cdot \rho \cdot h} \sum_{n=1}^N \frac{\sin[c \cdot [c_1^2 + (n \cdot \Delta z')^2] \cdot (m \cdot \Delta t)] \cdot \cos[y \cdot (n \cdot \Delta z')]}{c_1^2 + (n \cdot \Delta z')^2},$$

де $\Delta z' = Z/N$ — крок інтегрування (Z — інтервал інтегрування).

Для пошуку невідомого навантаження $P(t)$ використовується вираз (9) і такі вихідні дані: $E = 2.1 \cdot 10^{11}$ Па; $h = m/11$ м; ширина пластини $m = 0.4$ м; $\nu = 0.3$; $\rho = 7890$ кг/м³.

Задача ідентифікації невідомого навантаження належить до оберненої задачі. З метою уникнення математич-

них труднощів при розв'язуванні некоректної оберненої задачі, властивої числовому аналізу рівняння Вольтера 1-го роду, можна перейти до рівняння Вольтера 2-го роду, виконавши, наприклад, диференціювання за часом відповідного рівняння для невідомого навантаження. З урахуванням сказаного, вираз для визначення часової складової невідомого навантаження матиме такий вигляд:

$$\mathbf{P} = (\mathbf{A}')^{-1} \cdot \mathbf{w}', \quad (10)$$

де $(\mathbf{A}')^{-1}$ — обернена матриця; \mathbf{w}' — швидкість зміни переміщення, і вона дорівнює $\mathbf{w}' = \mathbf{A}' \cdot \mathbf{P}$; \mathbf{A}' — матриця, що відповідає продиференційованому ядру $K(t-\tau)$ за часом, і це ядро — таке:

$$K'(t) = \frac{\Delta z'}{\pi r h} \times \\ \times \sum_{n=1}^N \cos \left[c \left[c_1^2 + (n \Delta z')^2 \right] (m \Delta t) \right] \cos \left[y (n \Delta z') \right].$$

Розглянемо випадок, коли точка реєстрації переміщення віддалена від точки прикладання навантаження, тобто $y \neq 0$, а саме: прийемо, що $y = 0.15$ м. На підставі виразу (10) отримуємо криві зміни навантаження в часі. Відповідні криві зміни переміщення (крива 1) і її швидкості (крива 2), що відповідають розв'язку прямої задачі, зображені на рис. 7. Підкреслимо, що дані, подані на рис. 7, використовуються при розв'язуванні оберненої задачі як вихідні.

На рис. 8 подана крива, ідентифікована за наведеними вихідними даними.

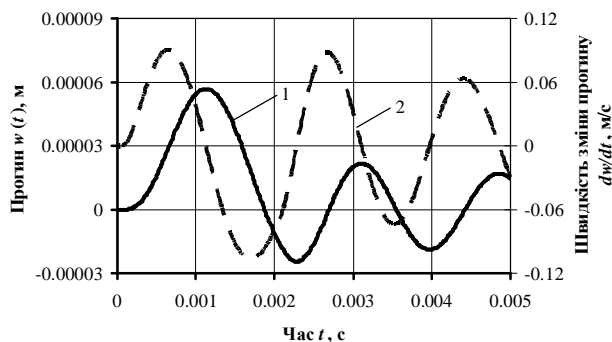


Рис. 7. Зміна прогину та його першої похідної у часі

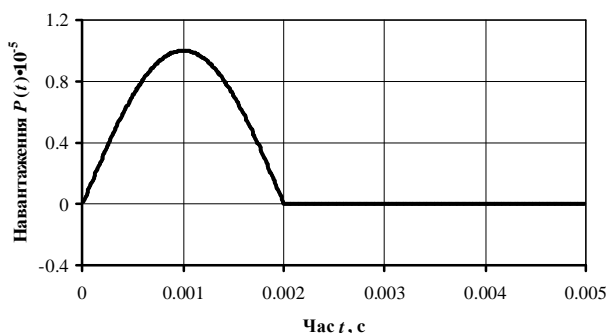


Рис. 8. Зміна навантаження у часі

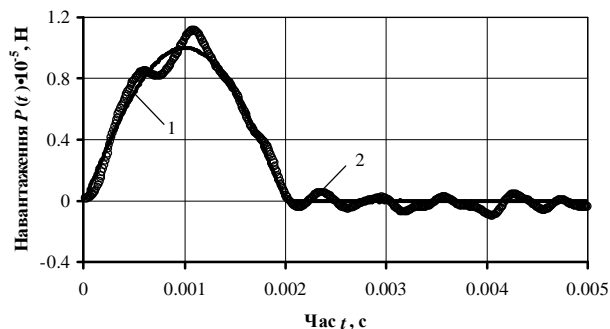


Рис. 9. Зміна навантаження у часі

Якщо зробити розрахунок прогину пластини у відповідній точці за ідентифікованим навантаженням, використовуючи співвідношення прямої задачі, то отримаємо криву прогину, що збігається з кривою на візуальному рівні сприйняття.

Зазначимо, що числові експерименти показали, що описана перша методика є нестійкою до задавання навіть малих похибок у вихідних даних при розв'язуванні оберненої задачі.

Далі розглянемо розв'язок цієї ж задачі методом з використанням регуляризуючого алгоритму А. М. Тихонова [6]. Використовуючи вираз (6) та вихідні дані, які приймалися для розв'язування оберненої задачі способом, близьким до методу квадратур, запропонованим А. С. Апарциним [10], отримуємо графік зміни навантаження у часі (рис. 9).

Крива 1 на рис. 9 відповідає навантаженню, ідентифікованому при оптимальному значенні α ($\alpha = 10^{-36}$), а крива 2 — навантаженню, ідентифікованому за «зашумленими» прогинами, де рівень шуму $\delta = 20\%$.

Висновки. Розглянута задача теорії пружності розв'язана двома способами. У першому випадку обернена задач зводиться до розв'язування інтегрального рівняння Вольтера 2-го роду з невідродженим ядром, числове розв'язування якого було здійснено способом, запропонованим А. С. Апарциним [10]. Застосування цього підходу дало змогу отримати розв'язок сформульованої оберненої задачі порівняно простим способом, що має властивість регуляризації при відповідному підборі розрахункових параметрів.

При розв'язуванні задачі методом А. М. Тихонова отриманий стійкіший розв'язок навіть при врахуванні випадкових малих величин типу похибок вимірювання та обчислювальних помилок, які накладаються на вихідні дані.

Література

1. Голоскоков Е.Г., Филиппов А.П. Нестационарные колебания деформируемых систем. — К.: Наук. думка, 1977. — 340 с.
2. Колодяжный А.В., Севрюков В.И. Ударные и импульсные воздействия на конструкции и материалы. — К.: Наук. думка, 1986. — 168 с.
3. Янютин Е.Г., Янчевский И.В. и др. Задачи импульсного деформирования. — Харьков: ХНАДУ, 2004. — 392 с.

4. Тимошенко С.П., Янг Д.Х., Уивер У. Колебания в инженерном деле. — М.: Наука, 1967. — 444 с.

5. Верлань А.Ф., Сизиков В.С. Интегральные уравнения: методы, алгоритмы, программы. — К.: Наук. думка, 1986. — 544 с.

6. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. — М.: Наука, 1986. — 288 с.

7. Диткин В.А., Прудников А.П. Операционное исчисление. — М.: Высшая шк., 1966. — 405 с.

8. Снедон И. Преобразование Фурье. — М.: Изд-во иностр. лит., 1955. — 667 с.

9. Янютин Е.Г., Кучерова Н.И. Определение влияния сосредоточенного нестационарного воздействия на мембрану-полосу. — Вестник ХНАДУ. — 2006. — Вып. 32. — С. 80—83.

10. Апарцин А.С. О численном решении систем интегральных уравнений Вольтерра I рода методом квадратур. — Иркутск. — 1976. — Вып. 4. — С. 79 — 88.

Отримана 19.05.09

E. Janutin¹, N. Voropa², H. Hnatenko²

The direct and inverse problems for beam and plate-strip

¹National Technical University «KhPI», Kharkiv;
²Kharkiv National Automobile-Road University, Kharkiv

The direct and inverse problems of the elasticity theory for finite length beam and infinite plate-strip under pulse loading are considered. The methods for determining the time dependent pulse action and stress parameters are obtained. The numerical results for identification of unknown nonstationary action based on analytical and experimental initial data are presented. The identification problems are solved by using Tikhonov's and Apartsin's regularizing methods.

²í ôî ðî àö³ÿ

Міжнародна науково-технічна конференція
**ПОШКОДЖЕННЯ МАТЕРІАЛІВ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ, МЕТОДИ ЙОГО
ДІАГНОСТУВАННЯ І ПРОГНОЗУВАННЯ, ІС-DMDP**

21 — 24 вересня 2009 р., ТДТУ ім. І. Пулюя,
м. Тернопіль

Організатори конференції:

Інститут проблем міцності ім. Г. С. Писаренка НАН України;

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя;

Західний науковий центр НАН і МОН України;

Наукова рада з проблеми механіка деформівного твердого тіла при Відділенні механіки НАН України;

Наукова рада з проблеми фізико-хімічної механіки матеріалів при Відділенні фізико-технічних проблем матеріалознавства;

Тернопільська обласна організація українського союзу науково-технічної інтелігенції.

Тематика конференції:

1. Розсіяне і локалізоване пошкодження матеріалів.
2. Діагностування пошкоджень.
3. Методи описування і прогнозування пошкоджуваності матеріалів.
4. Оцінювання залишкового ресурсу елементів конструкцій.

*Інформацію про конференцію та культурну програму розміщено за адресою:
<http://www.tu.edu.te.ua/dmdp/>*

Адреса Оргкомітету:

Оргкомітет Міжнародної науково-технічної конференції "ІС DMDP"

ТДТУ, вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 46001, Україна.

Тел.: +380 (352) 25 35 09; Факс: +380 (352) 25 49 83

e-mail: snt@tu.edu.te.ua

Голова програмного комітету — академік НАН України В. Т. Трощенко.

Співголова програмного комітету — д. т. н., проф. П. В. Ясній.

Голова організаційного комітету — к. т. н., доц. Ю. І. Пиндус.

Науковий секретар — к. т. н. І. Б. Окіпний.