

Міністерство освіти і науки України
Одеська державна академія будівництва та архітектури
Інститут проблем міцності імені Г. С. Писаренка
Національної академії наук України
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова
University of West Attica
Університет «Sjever» (Хорватія)

VI Міжнародна конференція

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ІНЖЕНЕРНОЇ МЕХАНІКИ



ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

Одеса, 20-24 травня 2019 року



247	Равлюк В.Г., Бондаренко В.В., Равлюк М.Г., Гребенюк В.А. Дослідження гібридної розрахункової схеми навантаження колодок гальмової важільної передачі вантажного вагона	298	Чепурна С.М., Чепурна М.Є. Вплив аморфної форми кремнезему в складі високодисперсної крейди на гідратацію поргланцементу
251	Равлюк В.Г., Бондаренко В.В., Равлюк М.Г., Гребенюк В.А. Дослідження процесу утворення та параметрична оцінка дуального зносу гальмових колодок вантажних вагонів	300	Твардовський І.А., Чучмай А.М. Определения несущей способности анкерных креплений в ребристых плитах перекрытия
254	Ромашко В.М., Ромашко О.В. Основи загальної теорії опору бетону та залізобетону силовим впливам	302	Маткова А.В., Шваб'юк В.І., Фурс Т.В., Шваб'юк В.В. Вплив технологічних аспектів на утворення дефектів кристалічної структури монокристалів Pb ₁₂
256	Сасенко Н.В., Биков Р.О., Сасенко Л.В., Ільченко К.О., Демідов Д.В. Вплив мінеральних наповнювачів на паропроникність та водопоглинання водно-дисперсійних полімерних покриттів	305	Шваб'юк В.В., Ротко С.В., Гула О.В., Ужогова О.А. Уточнений розрахунок усталених коливань круглих транспортних плит середньої товщини
258	Сахно С.І., Янова Л.О., Пищикова О.В. Аналіз напруженого стану металоконструкцій мостового крана методом кінцевих елементів	309	Козьма О.І., Шилиєв О.С. Розробка та випробування металевих конструкцій для спасіння людей з висоти
260	Семенюк Н.П., Жукова Н.Б. Чувствительность цилиндрических композитных оболочек к начальным несовершенствам различного вида	311	Шинкевич Е.С., Линник Д.С. Повышение биостойкости арболитобетона добавками наномодификаторами
261	Сліпич О.О., Романенко К.М. Обстеження, аналіз, розрахунок та проектування встановлення стаціонарного бутобоя в корпусі крупного дробління полтавського гірничобогачувального комбінату	314	Яременко О.О., Яременко Н.О. Розрахунок підземної споруди із застосуванням програмного комплексу ANSYS
263	Гребенюк С.Н., Клименко М.И., Смолянкова Т.Н., Коваль Р.А. Эффективные характеристики разномодульных композитов при поперечном растяжении	317	Бекшаев С.Я. Об оптимальной жесткости опор многопролетного продольно сжатого стержня
267	Солодей І.І., Затылюк Г.А. Реализация теории линейно-деформированной среды в ПК Plaxis при исследовании осадок основания	320	Плугін А.А., Бабій А.І., Плугін О.А., Борзяк О.С., Калюжна О.В. Вплив умов зберігання на електропровідність бетону
269	Сорока Н.Н. Построение области прочности сечения	324	Валовой О.І., Єрьоменко О.Ю., Валовой М.О., Волков С.О. Прогини балок, армованих металевим арматурою, базальтопластиковою арматурою та з гібридним армуванням металевим та базальтопластиковою арматурою
271	Starykov M.A. Fatigue life assessment approaches comparison based on typical welded joint of chassis frame	327	Пасіка В.Р., Гембара Н.О. Аналізування важільних механізмів із внутрішньою привідною ланкою
278	Суханевич М.В., Аношко Д.В. Бетони спеціального призначення на основі цементів, модифікованих мікро- та нано- добавками	331	Клименко Є.В., Сур'янінов М.Г., Гриньова І.І. Моделювання роботи кам'яного стовпа методом скінченних елементів у ПК ANSYS
280	Суханевич М.В. Гідроізоляційні та захисні розчини на основі цементів, модифікованих вуглецевими нано добавками	332	Новський А.В., Новський В.А., Вивчарук В.В. Деформационная анизотропия известняка-ракушечника Одесского региона
281	Тарельник В.Б., Коноплянченко Е.В., Тарельник Н.В., Козаченко А. Моделирование технологических параметров формирования комбинированных электроскоровых покрытий	335	Паливода О.А. Деякі аспекти щодо спільної роботи оболонки та ядра трубобетонних елементів зі змішаним осердям
285	Телишко Л.П. Методические подходы к вопросу диагностирования технического состояния промышленных зданий и сооружений	339	Гуртовий О.Г., Тинчук С.О., Андрушук В.І. Задачі деформування локальним навантаженням багатошарових покриттів на жорсткій основі
292	Хорошун Л.П., Левчук О.І. Моделювання ефективних пружних властивостей шаруватих стохастичних композитів при недосконалій алгебрі	341	Ковальчук С.Б., Горик А.В. Точное решение задачи упругого изгиба многослойной балки под действием нормальной равномерной нагрузки
293	Цапко Ю.В., Бондаренко О.П., Цапко О.Ю. Вогнезахисна покриття композиція для очерегу	345	Григор'єва Л.О. Резонансні коливання п'єзокерамічних циліндричних перетворювачів з врахуванням втрат енергії
295	Чайон І.М., Вовк П.Є. Тренні нити, расположенные по винтовой линии, при растяжении на цилиндрической поверхности	349	Савчук П.П., Кашицкий В.П., Малець В.М., Матрунич Д.М., Кушнірук А.С. Вплив фізичних полів на функціональні властивості полімерних нанонаповнених епоксикомпозитів

[8]. Shoji T., Hitomi K., et. al. (1998). Fabrication of radiation detectors using PbI₂ crystal and its response characterises for gamma-rays. IEEE Trans. On Nucl. Sci. 245, p. 581-584.

THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL ASPECTS ON THE DEFECTS DEVELOPMENT OF PbI₂ SINGLE CRYSTALS CRYSTALLINE STRUCTURE

The research of the influence of technological modes has been carried out and the negative influence of contaminating impurities on the lead iodide crystallization process has been grounded. The new technological approach to PbI₂ single crystals growth has been proposed, which, unlike traditional methods, is based on increasing of the purity of the source components at the initial stage of technological process. The comparative analysis of the proposed growth technique with other known methods has been made, the efficiency of the purification operation of the Pb and I₂ source components for the obtention and properties of PbI₂ single crystals has been determined. The main types of defects during PbI₂ crystallization from the melt have been analyzed and technological approaches for elimination of the structural violations have been proposed.

УДК 539.3

УТОЧНЕНИЙ РОЗРАХУНОК УСТАЛЕНИХ КОЛИВАНЬ КРУГЛИХ ТРАНЗОТРОПНИХ ПЛИТ СЕРЕДНЬОЇ ТОВЩИНИ

Швабюк В.В., к.т.н., доц., Ротко С.В., к.т.н., доц.,
Гуда О.В., к.т.н., доц., Ужегова О.А., к.т.н., доц.

Львівський національний технічний університет

Розрахунок багатьох елементів конструкцій на міцність у більшості випадків мусить враховувати вплив динамічних навантажень і пов'язаних з ними сил інерції. Можна вважати, що найбільше праць на сьогодні стосуються розрахунків на поперечні коливання ізотропних оболонок і пластин за допомогою класичної теорії Кірхгофа-Лява [1]. Анізотропні оболонки та пластини частіше розраховуються за допомогою прикладних теорій типу С.П.Тимошенка - Рейснера [2], Я.М.Григоренка та його учнів, або точніших прикладних теорій С.О. Амбарцумяна [3], О.О.Рассказова [4]. Широкий огляд таких задач наведено і у роботі Е.І.Григолока та І.Т.Селізова [5]. Разом з тим, згаданими авторами досліджувалася в основному тільки вплив деформації поперечного зсуву, без врахування впливу деформації поперечного обтіснення. У даній доповіді запропонований варіант теорії трансверсально-ізотропних плит [6], який дозволяє врахувати вплив дотичних зусиль,

прикладених до зовнішніх поверхонь плити ($z = \pm h$), на величини напружень і переміщень у плиті і, крім деформації поперечного зсуву, враховує ефект поперечного обтіснення. Такі уточнення, порівняно з іншими моделями плит, дозволяють детальніше дослідити вплив поперечного обтіснення на плиті частоти коливань, а також значно розширити клас задач, зокрема, про контактну взаємодію із жорсткими тілами, та які можна буде розв'язати за допомогою цього уточненого варіанту теорії оболонок і плит.

Здійснено уточнений розрахунок усталених коливань круглих трансотропних плит середньої товщини. Для випадку шарнірного оперття знайдено замкнуті розв'язки для частот вільних коливань. Одержані числові результати порівнюються із відповідними результатами класичної теорії тонких пластин Кірхгофа. На основі цих порівнянь зроблено висновки про істотний вплив ефектів поперечного зсуву та обтіснення на величини частот низьких поперечних фізичних характеристик плит. Особливо цей ефект спостерігається за коливань у бік їх значного зниження.

У доповіді розглядається напружено-деформований стан круглої плити з трансверсально-ізотропного матеріалу радіусом R заготовки $2h$, віднесеної до циліндричної системи координат r, θ, z . Нижня і верхня поверхні плити

S^+ і S^- перебувають під впливом зовнішніх зусиль

$$\sigma_z = \pm h = \pm \tilde{q}^\pm, \quad \tau_{rz}|_z = \pm h = \pm \tau_r^\pm, \quad \tau_{\theta z}|_z = \pm h = \pm \tau_\theta^\pm, \quad (1)$$

$$\text{де } \tau_r^\pm, \tau_\theta^\pm, \tilde{q}^\pm = q_z^\pm + h\rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \quad \text{і} \quad \tilde{q}^\pm = q_z^\pm + h\rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} - \text{узагальнені}$$

поверхневі зусилля; $\rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2}$ — проекція сили інерції на вісь Oz , ρ — густина матеріалу плити; w — переміщення середньої поверхні плити.

Для описаного вище виду навантажень на круглу плиту необхідно побудувати загальні розв'язки задачі про розрахунок вільних коливань плити під дією змінної у часі сили інерції, що діє у напрямку осі Oz . Система диференціальних рівнянь у часткових похідних у тій частині, де описується згин плити, має вигляд [6]:

$$K' \Delta \tilde{w}_r = - \left(q_z + m_z \right) + m \frac{\partial^2 \tilde{w}}{\partial t^2}; \quad \Delta \Omega - k^2 \Omega = \frac{\rho}{G} \frac{\partial^2 \Omega}{\partial t^2}, \quad (2)$$

$$D\Delta^2 \tilde{w} = \left(1 - \varepsilon_1 \Delta + \frac{\varepsilon' \rho h^4}{4G} \frac{\partial^2}{\partial t^2}\right) q_2 - m \left(1 - \varepsilon_1 h^2 \Delta\right) \frac{\partial^2 \tilde{w}(r, t)}{\partial t^2} - m \varepsilon' \frac{\rho h^2}{4G} \frac{\partial^4 \tilde{w}}{\partial t^4}, m = 2\rho h, \quad (3)$$

де $\tilde{w} = w + \varepsilon_2 q_2 / D$; $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon', q_2, m_2, k^2$ — відомі параметри із [6].

Розв'язки системи рівнянь (2), (3) для вільних коливань суцільної пластинки радіусом R можна записати у вигляді:

$$w(r, \theta, t) = (C_1 J_n(\alpha_i r) + C_3 I_n(\beta_i r)) \cos n\theta \cos \omega_i t, \quad (4)$$

$$\Omega(r, \theta, t) = C_5 I_n(k_i r) \sin n\theta \cos \omega_i t.$$

На основі залежностей (3), (4) будується характеристичне рівняння із якого отримано:

$$\alpha_i = \left(\sqrt{\omega_i^2 \frac{m}{D} + \left(\frac{\varepsilon_1 \omega_i^2 m}{2D} \right)^2} + \varepsilon_1 \omega_i^2 \frac{m}{2D} \right)^{\frac{1}{2}}, \beta_i = \frac{\alpha_i}{\sqrt{1 + \varepsilon_1 \alpha_i^2}}. \quad (5)$$

Використовуючи систему рівностей (5), отримасмо вираз для знаходження частоти власних коливань пластинки:

$$\omega_i = \alpha_i^2 \sqrt{D/m} \left(1 + \varepsilon_1 \alpha_i^2\right)^{\frac{1}{2}}. \quad (6)$$

У випадку шарнірного оперття по контуру $r = R$, коли

$$w(R, \theta, t) = 0, M_r = 0, \nu = 0. \quad (7)$$

Із граничних умов (7) отримуюмо систему трьох однорідних рівнянь відносно сталих інтегрування C_1, C_3, C_5 . Розв'язуючи дану систему, одержимо трансцендентне рівняння:

$$\left(\alpha_{0i}^2 + \beta_{0i}^2 \right) \left(\frac{0,4n^2 E}{G'(1+\nu)} \left(\frac{h}{R} \right)^2 \left(1 - (k_{0i}) \frac{I_{n-1}(k_{0i})}{I_n(k_{0i})} - n \right)^{-1} - 1 \right) = (1-\nu) \left(\alpha_{0i} \frac{J_{n-1}(\alpha_{0i})}{J_n(\alpha_{0i})} - \beta_{0i} \frac{I_{n-1}(\beta_{0i})}{I_n(\beta_{0i})} \right). \quad (8)$$

Тут $\alpha_{0i} = R\alpha_i$, $\beta_{0i} = R\beta_i$, $k_{0i} = Rk_i$. На основі наведених вище формул та рівнянь знайдено корені рівняння (8) та відповідні їм частоти $\tilde{\omega}_i = R^2 \sqrt{m\alpha_i / D}$. Отримані результати, залежно від відношень G/G' і

товщини пластини, подані в таблиці для кожного випадку n і G/G' , які стосуються перших трьох частот $\tilde{\omega}_1, \tilde{\omega}_2$ і $\tilde{\omega}_3$.

Таблиця 1. Перші частоти вільних коливань пластинки

n	$G/G' = 0$		$G/G' = 1$		$G/G' = 5$	
	α_i	$\tilde{\omega}_i$	α_i	$\tilde{\omega}_i$	α_i	$\tilde{\omega}_i$
0	2,254	4,863	2,252	4,410	2,246	3,367
	5,443	23,951	5,441	17,435	5,434	10,262
	8,596	48,483	8,594	30,940	8,589	16,844
	3,714	12,350	3,707	10,038	3,684	6,511
1	6,944	35,325	6,939	23,887	6,925	13,394
	10,119	60,829	10,116	37,341	10,106	19,963
	5,044	21,087	5,028	15,654	4,926	9,184
	8,354	46,534	8,344	29,879	8,281	16,207
2	11,570	72,634	11,562	43,362	11,516	22,849

Якщо в рівнянні (8) покласти величини $E/G' = 0, \nu = 0$ та виконати граничний перехід при $k_{0i} \rightarrow \infty$, то отримаємо відповідне трансцендентне рівняння класичної теорії тонких пластин, розв'язки якого будуть близькими до даних колонки таблиці, де $E/G' = 0$.

Аналіз числових даних, наведених у таблиці, дозволяє зробити висновок, що урахування деформацій поперечного зсуву та обтіснення веде до зниження основних частот порівняно із результатами класичної теорії тонких пластин. Наприклад, для випадку $n=1$ частоти $\tilde{\omega}_1, \tilde{\omega}_2$ і $\tilde{\omega}_3$, порашовані за рівняннями теорії Кірхгофа-Лява, відповідно дорівнюють 13,9; 48,5 та 102,8. Тоді як за уточненими рівняннями для ізотропної пластинки відповідні результати (табл., $h/R=0,2$) будуть: 10,0; 23,9 та 37,3, відповідно. Для трансропної плити ($G/G' = 5$) такої ж товщини відповідні частоти зменшуються ще більше — до величин: 6,5; 13,4; 20,0, тобто перша частота зменшується більше ніж удвічі, друга в 3,6 рази, а третя — більше ніж у 5 раз порівняно із класичною теорією.

1. Rayleigh J. W. S. Theory of sound. London: Macmillan Co., v. 1, 1877. 326 p.
2. Reissner E. On the theory of bending of elastic plates // J. Math. And Phys. — Vol. 33, № 3. — P. 184-191.
3. Амбарцумян С.А. Теория анизотропных пластин. — М.: Наука. 1987. — 360 с.
4. Рассказов А.О. Теория и расчет слоистых ортотропных пластин и оболочек / А.О. Рассказов, И.И. Соколовская, Н.А. Шульга. — К.: Вища школа. 1986. — 192 с.

5. Григолюк Э.И., И.Т. Селезов И.Т. Неклассическая теория колебаний стержней, пластин и оболочек // Итоги науки и техники. - М.: Наука, 1972. - Т. 5. - С. 271 с.
6. Швабюк В.И. Учет эффекта сжимаемости нормали в контактных задачах для трансверсально-изотропных плит // Прикл. механика. - 1980. - Т. 16, № 4. - С. 71-77.

SPECIFIED CALCULATION OF STEADY-STATE OSCILLATIONS OF CIRCULAR TRANSTROPY PLATES OF MEDIUM THICKNESS

Specified calculation of steady-state oscillations of circular transtropy plates of medium thickness was performed. The calculation considers transverse displacement deformation and transverse compression effect. Compared to other plate models, such clarifications highly increase calculation accuracy of their stress-strain state. While considering the influence of tangential loads and inertia forces, they do not change equations structure nor increase their order. Obtained equations deal with specification via certain parameters, which depend on characteristics of plate anisotropy and geometry. The calculation order of the equations remains the same, stresses and forces stay similar as in other plate models. At the same time, their accuracy highly increases and becomes close to the results of elasticity theory spatial problem. In case of hinged round plate, the solutions for the free oscillation frequencies are found. Obtained numeric results are compared with corresponding results of classic theory of Kirchhoff's thin plates. On the basis of these comparisons, the conclusions about significant influence of transverse displacement and compression effects on the magnitude of oscillation frequencies in the direction of their significant decrease are made. This effect is especially noticeable at low transverse physical characteristics of the plate.

УДК 624.014

РОЗРОБКА ТА ВИПРОБУВАННЯ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ДЛЯ СПАСІННЯ ЛЮДЕЙ З ВИСОТИ

Козьма О.І.

ТОВ «Інжиниринг-Жилстрой», м. Одеса

Шнялев О.С., асс.

Одесская державна академия будівництва та архітектури

Розглянуто можливість обладнання висотних житлових будівель системами спасіння у надзвичайних ситуаціях – переносними підвісними канатними лебідками. Використання таких приладів дозволяє збільшити кількість евакуаційних шляхів з будівлі та зменшити час реагування на надзвичайну ситуацію та скоротити термін евакуації мешканців з зони надзвичайної ситуації. Оскільки прилад має невеликі габаритні розміри та відносно невелику вагу, пропонується зберігати необхідну кількість комплектів такого спорядження безпосередньо на об'єкті використання.

Евакуація мешканців відбувається через вікна. Організацією евакуації за допомогою пристрою займаються представники МНС.

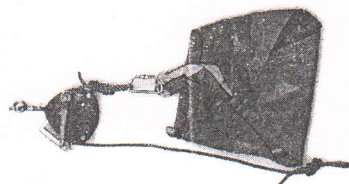


Рис. 1. Переносна підвісна канатна лебідка ППКЛ-2

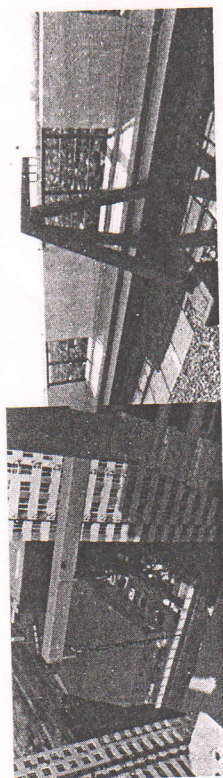


Рис. 2. Кронштейни для встановлення канатних систем порятунку

Було розроблено металеві дахові конструкції для кріплення лебідок. Конструкції являють собою металеві консолі, встановлені на даху житлових будинків, закріплені до існуючих залізобетонних стін або на власних опорах. Показано різні варіанти закріплення консолей до існуючих несучих залізобетонних конструкцій. Виносні металеві конструкції пожежного призначення з різними конструктивними схемами (залежно від місця використання) кріпляться до залізобетонних конструкцій будівлі за допомогою анкерів. Максимальне експлуатаційне навантаження на консоль відповідно до паспорту [1] складає 500 кг.

Проведено натурні випробування металевих конструкцій пожежного призначення. Випробування показали, що такі конструкції витримують статичні та динамічні навантаження без ушкоджень та втрати стійкості. При контрольному звантаженні з перевірки граничної міцності конструкції навантаженням $P_k=10$ кН, що прикладалося до двох петель, виявлено відсутність виривання анкерних кріплень конструкції до залізобетонних плит покриття та обривання петель.