

## ВІЛЬНІ КОЛИВАННЯ ОПЕРТОЇ ПРЯМОКУТНОЇ ПЛАСТИНИ В ІДЕАЛЬНІЙ РІДИНІ

**Лимар О. О.**, канд. фіз.-мат. наук,  
e-mail: mnaulimar@gmail.com

**Марченко Д. Д.**, канд. техн. наук, доцент  
e-mail: marchenkodd@mnau.edu.ua

*Миколаївський національний аграрний університет*

**Анотація.** Плоска гідропружна задача, що розглядається у лінійній постановці про власні коливання тонкої ізотропної прямокутної пластини з опертими контурами, що розділяє ідеальні рідини, в жорсткому прямокутному каналі. Отримано у вигляді визначника четвертого порядку частотне рівняння вільних коливань рідини та пластини та проведено його спрощення для опертих контурів. Виявлено, що для защемлених контурів, частотне рівняння розпадається на два рівняння, що описують симетричні та несиметричні частоти власних коливань, але на відміну від защемлених контурів вже не може бути представлено в єдиній формі для цих частот. Проведено дослідження впливу механічних параметрів пластини, густини, глибини заповнення рідин на вільні коливання механічної системи.

**Ключові слова:** ізотропна пластина, власні коливання, частотне рівняння, ідеальна рідина.

У сучасному сільському господарстві при використанні нових прогресивних технологій обробітку ґрунту та вирощування сільськогосподарських культур набуває актуальності проблема одночасного транспортування рідин різної щільності в одній ємності. Однією з проблем вирішення цієї задачі полягає у розв'язанні рівнянь власних коливань пластини у рідині, а також вплив механічних параметрів пластини, глибин заповнення рідин та їх густин на власні частоти коливань механічної системи [1].

Розв'язати дану задачу можна аналітичним методом, де у лінійній постановці досліджується плоска гідропружна задача про коливання тонкої ізотропної прямокутної пластини, що розділяє ідеальні рідини, що не стискаються у жорсткому прямокутному каналі. [2]. Пластина часто розтягується або стискає напругу у внутрішній поверхні, а її контури оперти.

Розглянемо плоскі коливання пружної прямокутної пластини, що горизонтально розділяє ідеальні не стисливі рідини щільності  $\rho$  у жорсткому прямокутному каналі шириною  $b$  ( $b = 2a$ ). Пластина має постійну згинальну жорсткість  $D$  і схильна до розтягуючим ( $T > 0$ ) або стискаючим ( $T < 0$ ) зусиллям інтенсивності  $T$  у серединній поверхні. Контури пластини оперти. Верхня рідина заповнює посудину до глибин  $h_1$ , а нижня рідина до глибини  $h_2$ .

Частотне рівняння спільних коливань опертої пластини та рідини має вигляд [3]:

$$\left\| \|C_{qk}\|_{q,k=1}^4 \right\| = 0, \quad (1)$$

де

$$\begin{aligned} C_{11} &= \sum_{m=1}^{\infty} \beta_{2m-1} E_{1,2m-1}^0, C_{12} = \sum_{m=1}^{\infty} \beta_{2m} E_{2,2m}^0, \\ C_{13} &= \sum_{m=1}^{\infty} \beta_{2m-1} E_{3,2m-1}^0, C_{14} = \sum_{m=1}^{\infty} \beta_{2m} E_{4,2m}^0, \\ C_{21} &= -\tilde{p}_1^2 \sinh \tilde{p}_1^* + \sum_{m=1}^{\infty} \gamma_{2m-1} E_{1,2m-1}^0, C_{22} = \tilde{p}_1^2 \cosh \tilde{p}_1^* + \sum_{m=1}^{\infty} \gamma_{2m} E_{2,2m}^0, \\ C_{23} &= \tilde{p}_2^2 \sin \tilde{p}_2^* + \sum_{m=1}^{\infty} \gamma_{2m-1} E_{3,2m-1}^0, C_{24} = -\tilde{p}_2^2 \cos \tilde{p}_2^* + \sum_{m=1}^{\infty} \gamma_{2m} E_{4,2m}^0, \\ C_{31} &= -C_{11}, C_{32} = C_{12}, C_{33} = -C_{13}, C_{34} = -C_{14}, \\ C_{41} &= -C_{21}, C_{42} = C_{22}, C_{43} = -C_{23}, C_{44} = C_{24}, \\ E_{1n}^0 &= \frac{\tilde{p}_1 \cosh \tilde{p}_1^*}{a(k_n^2 + \tilde{p}_1^2)} [(-1)^n - 1], E_{2n}^0 = \frac{\tilde{p}_1 \sinh \tilde{p}_1^*}{a(k_n^2 + \tilde{p}_1^2)} [(-1)^n + 1], \\ E_{3n}^0 &= \frac{\tilde{p}_2 \cos \tilde{p}_2^*}{a(k_n^2 - \tilde{p}_2^2)} [(-1)^n - 1], E_{4n}^0 = -\frac{\tilde{p}_2 \sin \tilde{p}_2^*}{a(k_n^2 - \tilde{p}_2^2)} [(-1)^n + 1]. \quad (2) \end{aligned}$$

$$\tilde{p}_{1,2}^2 = \pm P/2 + \sqrt{P^2/4 + q}, \quad \tilde{p}_i^* = a\tilde{p}_i, \quad \gamma_n = \omega^2 \alpha_n k_n^2, \quad P = T/D, \quad q = k_0 \omega^2 / D > 0, \quad k_0 = \rho_0 h_0, \\ k_n = \pi n / 2a.$$

Проводячи перетворення з рядками та стовпцями визначника рівняння (1) з коефіцієнтами (2), наводимо його до блокового вигляду з нульовими двома блоками. В результаті отримаємо рівняння

$$(C_{11}C_{23} - C_{13}C_{21})(C_{12}C_{24} - C_{14}C_{22}) = 0. \quad (3)$$

З виду коефіцієнтами (2) слід, що рівняння (1) розпадаються на два рівняння (3), що описують несиметричні та симетричні частоти.

Отримано у вигляді специфічного четвертого порядку частот, порівняно зі зміною частоти пластин та рідини, та проведено його скорочення для контурів, що оперті, а також чисельні дослідження впливу механічних параметрів пластини, глибин заповнення рідин та їх густин на власні частоти коливань механічної системи.

Показано, що, як і раніше для заземлених контурів, частотне рівняння розпадається на два рівняння, що описують несиметричні та симетричні частоти вільних коливань (непарні та парні частоти), але на відміну від заземлених контурів вже не може бути представлено в єдиній формі для цих частот.

### Список використаних джерел:

1. Zhou D., Liu W. Hydroelastic vibrations of flexible rectangular tanks partially filled with liquid / D. Zhou, W Liu // Int. J. Numer Methods Eng. – 2007. – Vol. 71. – P. 149–174.
2. Tariverdilo S. Asymmetric free vibration of circular plate in contact with incompressible fluid / S. Tariverdilo, M. Shahmardani, J. Mirzapour, R. Shabani // Appl. Math. Model. – 2013. – Vol. 37(1-2). – P. 228–239.
3. Лимар О.О. Про уточнення умов стійкості коливань прямокутної пластини, яка поділяє двохарову ідеальну рідину з вільною поверхнею / О.О. Лимар // «Вісник Запорізького національного університету. Фізико-математичні науки» 2020. – № 2. – С. 11–21.

**Abstract.** A planar hydroelastic problem considered in the linear formulation of the self-oscillations of a thin isotropic rectangular plate with supported contours separating ideal fluids in a rigid rectangular channel. The frequency equation of the free oscillations of the liquid and the plate was obtained in the form of a fourth-order determinant, and its simplification was carried out for supported contours. It was found that for pinched contours, the frequency equation breaks down into two equations describing symmetric and asymmetric natural oscillation frequencies, but unlike pinched contours, it cannot be represented in a single form for these frequencies. The influence of the mechanical parameters of the plate, density, depth of liquid filling on the free oscillations of the mechanical system was studied.

**Keywords:** isotropic plate, natural oscillations, frequency equation, ideal fluid.

УДК 636.4.082

## ВПЛИВ СЕЗОНУ РОКУ НА МЕРТВОНАРОДЖЕНІСТЬ ПОРОСЯТ

Луговий С. І., д-р с.-г. наук, доцент

e-mail: luhovyi@mnaui.edu.ua

*Миколаївський національний аграрний університет*

**Анотація.** Метою роботи було встановлення сили впливу сезону року на ступінь мертвнонародження у свиноматок. При виконанні роботи було використано первинні матеріали показників відтворювальних ознак помісних свиноматок (велика біла порода × ландрас), яких утримували в умовах ПОП «Вікторія» Баштанського району. Вірогідний вплив сезону опоросу було відмічено лише на частку гнізд, в яких не було відмічено жодного мертвнонародженого поросяти, з одного боку, та на частку гнізд, в яких було зафіксовано 2-4 мертвнонароджених поросяти, з іншого. Середня кількість мертвнонароджених поросят у гнізді вірогідно варіювала від  $1,2 \pm 0,14$  гол. (весняні та літні опороси) до  $1,7 \pm 0,16$  гол. (осінні опороси), а середня частка мертвнонароджених поросят у гнізді також вірогідно коливалася у межах від  $9,6 \pm 0,82\%$  (весняні опороси) до  $15,1 \pm 1,31\%$  (осінні опороси).

**Ключові слова:** свиноматки, опорос, мертвнонародження, сезон року.

Відтворювальна здатність свиноматок значною мірою визначає ефективність галузі свинарства та її рентабельність.

З початку 1990-х років головною метою в свинарстві стало підвищення рівня багатоплідності свиноматок для максимізації кількості отриманих поросят як при