

# ІТ ТА ІННОВАЦІЇ АГРАРНОЇ НАУКИ

УДК 539.3

## ПРО ЧАСТОТНИЙ РОЗРАХУНОК ПЕРІОДИЧНО СТРУКТУРОВАНОЇ БАЛКИ В ЗАДАЧАХ ВІБРОЗАХИСТУ

А. Куценко, доцент,

С. Жук, студент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В рамках задачі віброзахисту розглянуто явище поширення хвиль згину вздовж нескінченної періодично структурованої балки, кожний період якої складається з двох частин, кожна з яких в свою чергу має певні геометричні та механічні властивості.

З використанням теорії Флоке для заданої механічної системи були записані умови неперервності поширення гармонічної хвилі вздовж неї. У результаті було отримано розв'язок алгебраїчної системи, яка була записана з використанням загального розв'язку рівняння динамічного згину балки. Отримано частотний розподіл та побудовано діаграми поширення та запирання гармонічних хвиль вздовж нескінченної періодичної кусково – однорідної балки.

**Ключові слова:** періодична система, коливання, „вікна прозорості”, балка, гармонічна хвиля.

**Вступ.** Задача усунення небажаних (шкідливих) шумів на виробництві є однією з актуальних проблеми сучасного машинобудування. Оскільки це нерозривно пов'язано зі станом здоров'я працівників, які на ньому працюють.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

У машинобудуванні та цивільному будівництві існує велика кількість різноманітних пристосувань та засобів, які допомагають суттєво зменшити інтенсивність цих шкідливих вібрацій від обладнання, проте не усунути їх зовсім [1, 3 - 6].

Однак в механіці давно є відомий факт, що системи типу балки чи пластини, які закріплені періодичним чином, можуть виконувати роль так званих частотних фільтрів для гармонічних хвиль. Вони або пропускають чисто хвилі певних частот, або ті запираються на перших же періо-

дах такої системи. Оскільки шуми це є по своїй суті звукові хвилі, то їх можна моделювати за допомогою гармонічних хвиль.

**Мета дослідження.** Предметом розгляду даної статті є дослідження процесу поширення хвиль згину вздовж балки, яка складається з декількох частин, кожна з яких має відмінні геометричні та механічні властивості. У результаті даного дослідження необхідно отримати розподіл частотних проміжків для гармонічних хвиль, що поширюються вздовж заданої періодичної системи та побудови для неї „вікна прозорості”.

**Постановка задачі.** Розглянемо нескінченну періодичну балку, кожний період якої складається з двох частин, що відрізняються своїми геометричними та механічними властивостями.

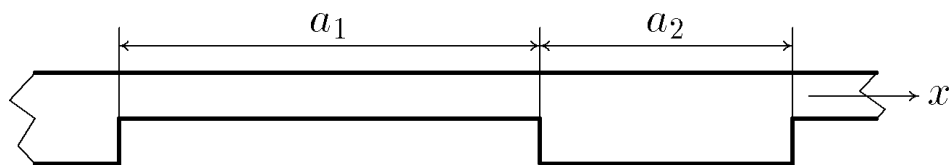


Рис. 1. Елементарний період нескінченної кусково - неоднорідної балки

Нехай довжина частин є  $a_1$  та  $a_2$  (рис. 1), а довжина періоду -  $a$  ( $a = a_1 + a_2$ ). Оскільки частини мають різні параметри, то для знаходження

$$\begin{aligned} w_1(x_1) &= A_1 \cos(p_1 x_1) + B_1 \sin(p_1 x_1) + C_1 \operatorname{ch}(p_1 x_1) + D_1 \operatorname{sh}(p_1 x_1), \\ w_2(x_2) &= A_2 \cos(p_2 x_2) + B_2 \sin(p_2 x_2) + C_2 \operatorname{ch}(p_2 x_2) + D_2 \operatorname{sh}(p_2 x_2), \\ x_1 &\in [0, a_1], \quad x_2 \in [0, a_2]. \end{aligned} \quad (1)$$

Для періодичного продовження згідно теорії Флоке [7] мають виконуватись умови, які в силу неперервності всіх кінематичних і динамічних характеристик приймають вигляд:

$$w_2(a_2) = S w_1(0), \quad \theta_2(a_2) = S \theta_1(0), \quad (2)$$

$$M_2(a_2) = S M_1(0), \quad Q_2(a_2) = S Q_1(0).$$

де

$$S = e^{ika}.$$

Оскільки наш загальний розв'язок утримує вісім сталих інтегрування, то маємо задати вісім граничних умов. Тому умови (2) доповнюються умовами неперервного продовження у точці з'єднання частин періоду:

$$w_1(a_1) = w_2(0), \quad \theta_1(a_1) = \theta_2(0), \quad (3)$$

$$M_1(a_1) = M_2(0), \quad Q_1(a_1) = Q_2(0).$$

**Метод досліджень.** Підставляючи (1) у (2) та (3) і прирівнюючи до нуля визначник отриманої однорідної системи, задачу про знаходження залежності мультиплікатора від частоти зводимо до розв'язку рівняння:

$$\begin{vmatrix} \cos t & \sin t & cht & sht \\ -\sin t & \cos t & sht & cht \\ -\cos t & -\sin t & cht & sht \\ \sin t & -\cos t & sht & cht \\ -S & 0 & -S & 0 \\ 0 & -S & 0 & -S \\ \chi^6 S & 0 & -\chi^6 S & 0 \\ 0 & \chi^6 S & 0 & -\chi^6 S \end{vmatrix} = 0, \quad (4)$$

$$\begin{vmatrix} -1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & -\chi & 0 & -\chi \\ \chi^{-4} & 0 & -\chi^{-4} & 0 \\ 0 & -\chi^{-3} & 0 & \chi^{-3} \\ \cos(t\chi\delta) & \sin(t\chi\delta) & ch(t\chi\delta) & sh(t\chi\delta) \\ -\chi \sin(t\chi\delta) & \chi \cos(t\chi\delta) & \chi sh(t\chi\delta) & \chi ch(t\chi\delta) \\ -\cos \chi^2(t\chi\delta) & -\chi^2 \sin(t\chi\delta) & \chi^2 ch(t\chi\delta) & \chi^2 sh(t\chi\delta) \\ \chi^3 \sin(t\chi\delta) & -\chi^3 \cos(t\chi\delta) & \chi^3 sh(t\chi\delta) & \chi^3 ch(t\chi\delta) \end{vmatrix} = 0,$$

де введені позначення:

$$\delta = \frac{a_2}{a_1}, \quad t = p_1 a_1, \quad \chi = \frac{p_2}{p_1},$$

$$\chi^2 = \frac{h_1}{h_2}, \quad \chi^6 = \frac{J_1}{J_2}.$$

Дисперсійна крива, яка одержана на основі розв'язку (4) та співвідношення:

$$ka = -iLnS(pa),$$

зображена на рис.2. Вона дуже схожа на дисперсійну криву для хвиль у однорідній періодично пружно закріпленій балці [2].

**Результати досліджень.** Результати кількісного аналізу рівняння (4) подано на рисунках 3 та 4. Відразу відзначимо, що не зважаючи на неінваріантність періоду відносно напрямку поширення хвилі, сама нескінченна балка є симетричною у цьому відношенні. Тому величини  $S$  та  $S^{-1}$  одночасно будуть розв'язками (4), або ні. Крім того, пари значень  $(\delta, \chi)$  та  $(\delta^{-1}, \chi^{-1})$  відповідають одній і тій же балці, а тому для складання повної картини розподілу „вікон прозорості” при фіксованому одному параметрі інший достатньо замінювати у межах від нуля до одиниці.

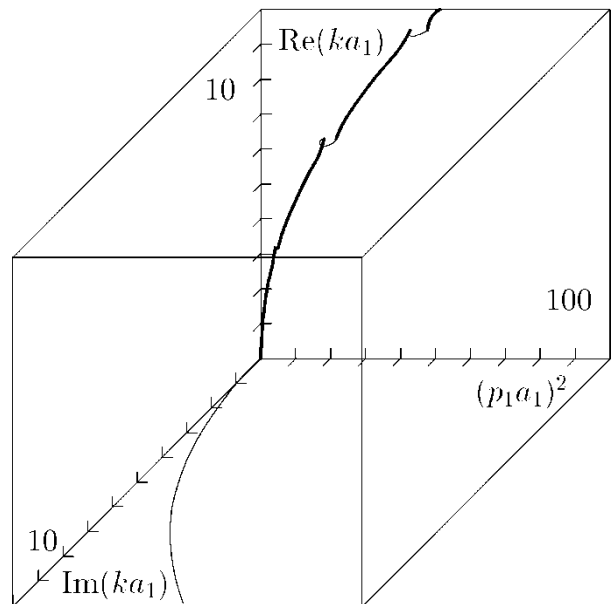


Рис. 2 Дисперсійна крива однорідної хвилі, збудованої у неоднорідній балці:  $\delta = 0,5$ ,  $\chi = 0,8$

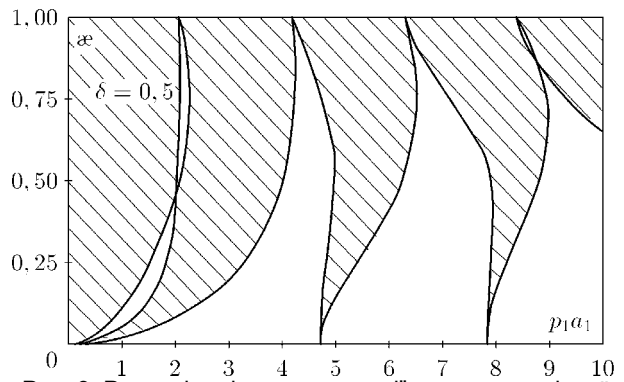


Рис. 3. Розподіл „вікон прозорості” для неоднорідної балки при  $\delta = 0,5$ ,  $\chi = 0 \div 1$

На рис. 3 зображено розподіл „вікон прозорості” для різних значень  $\chi$  за фіксованого значення  $\delta$ . Як можна побачити, коли  $\chi$  прямує до нуля, то „вікна прозорості” вироджуються у точки. Цей факт можна пояснити тим, що за малих значень  $\chi$  жорсткість однієї частини періоду буде значно перевищувати жорсткість іншої частини. Остання буде виконувати роль прошарку, через який практично не буде передаватися вплив сусідніх більш жорстких частин, а тому балку можна буде розглядати як сукупність незв'язаних балок, довжиною  $a_1$  з вільними кінцями. Зі збільшенням  $\chi$  „вікна прозорості” розширюються, поки при  $\chi = 1$ , що відповідає однорідній балці, не перекривають увесь частотний проміжок.

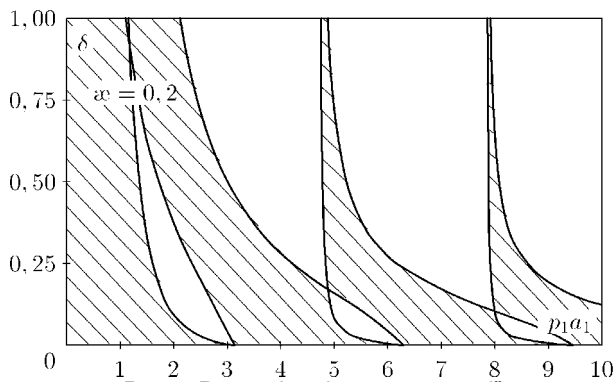


Рис. 4 Розподіл „вікон прозорості” для неоднорідної балки при  $\delta = 0 \div 1$ ,  $\chi = 0,2$

Відзначимо цікавий розподіл „вікон прозорості” за фіксованого значення параметра  $\chi$  (рис. 4). Криві, що перетинаються утворюють „вікна прозорості”, як і у попередніх випадках відпові-

дають значенням мультиплікатора  $S = \pm 1$ .

**Висновки.** Отже, в результаті проведеного дослідження встановлено, що збільшення неоднорідності балки призводить до звуження вікон прозорості. Якщо спрямувати параметри системи до значень, які відповідають однорідній незакріпленій балці, то всі „вікна прозорості”, розширюючись, заповнять увесь частотний діапазон.

Таким чином, даний тип балки можна використовувати при будівництві промислових приміщень, де працює техніка, частоти шумів якої відомі наперед. Розміщуючи балки такого типу періодичним чином, у перекриттях цих споруд, можна отримати хвильовод, в якому технологічні шуми гасилися б на перших періодах механічної системи. це значно зменшить навантаження на саму споруду та людей, які працюють на даному виробництві.

#### Список використаної літератури:

1. Гусев В.П. Вибрация оборудования инженерных систем и способы защиты от нее // „АВОК”, 2010б № 5. с.
2. Куценко А.Г. До теорії Флоке при вивченні вимушених коливань періодично закріплених балок // Вісник Житомирського національного агроєкологічного університету. Житомир, 2014. № 2 (45), т.4, ч. I. С. 71 - 78.
3. Осипова М. В. Расчет виброизолированных систем на динамические нагрузки с использованием передаточных функций // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2013. № 4. С. 18 – 20.
4. Санников А.А. Вибрации и шум технологических машин и оборудования лесного комплекса: моногр./ А.А. Санников, В.Н. Старжинский, Н.В. Куцубина, Н.Н Черемних, В.П. Сиваков, С.Н. Вихарев. – Екатеринбург: Уральск. Гос. Лесотехн. Ун-т. 2006. – 484 с.
5. Узакова Л. П., Файзиев С. Х. Применение вибродемпфирующих материалов для уменьшения вибрации и шума в швейной промышленности // Молодой ученый. — 2015. — № 9. — С. 325-327.
6. Чернов Ю. Т. Вибрации строительных конструкций. (Аналитические методы расчета. Основы проектирования и нормирования вибраций строительных конструкций, подвергающихся эксплуатационным динамическим воздействиям): Научное издание. 2-е изд., испр.и доп. М.: Издательство АСВ, 2011. - 384 с.
7. Mead D.J. Wave propagation in continuous periodic structures: research contributions from Southampton, 1964-1995// J. Sound and Vibr. - 1996. - Vol. 190, N3, P. 495 - 524.

#### **Куценко А., Жук С. О частотном расчете периодически структурированной балки в задачах виброзащити**

*В рамках задачи виброзащити рассмотрено явление распространения волн изгиба вдоль бесконечной периодически структурированной балки, каждый период которой состоит из двух частей, каждая из которых в свою очередь имеет свои геометрические и механические свойства.*

*С использованием теории Флоке для заданной механической системы были записаны условия непрерывности распространения гармонической волны вдоль нее. В результате было получено решение алгебраической системы, которая была записана на основе общего решения уравнения динамического изгиба балки. Получено частотное распределение и построены диаграммы распространения и запирания гармонических волн вдоль бесконечной периодической кусочно – однородной балки.*

**Ключевые слова:** периодически структурированная балка, гармоническая волна, колебание, „окна прозрачности”.

#### **A. Kutsenko, S. Zhuk About frequency calculation of the periodically structured beam in the problems of vibrodefence**

*Within the framework of problem of vibrodefence, the phenomenon of propagation of waves of bending along the endless periodically structured beam which every period of consists of two parts is considered. Each of parts of such beam has given geometrical and mechanical properties.*

*With the use of Fourier’s theory for the set mechanical system there were written terms of continuity of*

propagation of harmonic along it. The decision algebraic equation system, which was written with the use of general decision of equalization of dynamic bending of beam was got. The frequency distribution is got and the diagrams of propagation of harmonic waves along endless periodic partially – homogeneous beam are built.

**Keywords:** periodic system, vibration, "pass bend", beam, harmonic wave.

Стаття надійшла в редакцію: 03.10.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Подригало М.А.

УДК 631.3

## ДО ПИТАННЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ТА РЕСУРСІВ В РОЗВИТКУ СУЧАСНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ЗЕМЛЕРОБСЬКОЇ ТЕХНІКИ

**М. В. Семененко**, к.т.н., доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування

*В статті запропоновано активувати діяльність систем рециклінгу у технологіях утилізації сільськогосподарської землеробської техніки. Це один із сучасних результативних напрямів ресурсозбереження в умовах обмеження та зберігання ресурсів та необхідності зниження навантаження на довкілля*

**Ключові слова:** землеробська техніка, утилізація, рециклінг, ресурсозбереження, довкілля

**Постановка проблеми.** За 2015 рік в Україні було утворено 312 млн. 267,6 тис. тонн небезпечних відходів. Із загального обсягу утворених протягом 2015 року відходів 98,1% припадає на відходи, що утворились унаслідок економічної діяльності підприємств та організацій. Про це інформує Міністерство екології та природних ресурсів України [1]. Агропромисловий сектор безумовно також вніс свій внесок у ці дані, в тому часі і сільськогосподарська техніка.

Сільськогосподарська техніка та обладнання поступово старіють і зношуються, їм на зміну приходять нові, сучасні моделі. А агрегати, які вийшли з ладу перетворюються на купи нікому не потрібного металу і скупчуються на машинних дворах, а іноді і на околицях сільських населених пунктів. Вид старої зношеної техніки справляє гнітюче враження. Непридатні сільськогосподарські машини займають багато місця і завдають непоправної шкоди екології.

Землеробська техніка — це така техніка, що при її розкладанні небезпечні речовини потрапляють і в землю, і в підземні води, і в повітря, яким ми дихаємо. Після довгого перебування сільськогосподарської техніки на відкритому повітрі починає відбуватися процес окислення металів. Така окис за допомогою дощу просочується в землю та забруднює ґрунти. Уникнути потрапляння шкідливих матеріалів у повітря і ґрунт допоможе сучасна галузь утилізації з перевищенням технологій рециклінгу.

Утилізація сільськогосподарської техніки — вкрай актуальна проблема. Таким чином збереження ресурсів та довкілля за рахунок вторинної переробки - невідкладна проблема сучасності.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

З 1918 року, коли в Києві було засновано Академію наук України вчені якої досліджували природні умови і ресурси можна почати науковий напрям стосовно ресурсозбереження. Напря-

вторинної переробки вузлів та агрегатів сільськогосподарської техніки значно молодше. Наприкінці двадцятого століття з'являються перці праці з технологій вторинної переробки. У світі широко звісні роботи німецького вченого Герда Шуберта з технологій переробки металевих деталей та вузлів різної ( у тому часі сільськогосподарської ) техніки [2]. У працях Бориса Бобовича надано в розгорнутому стані сучасні технології утилізації та їх технологічний аналіз [3].

В Україні до проблеми ресурсозбереження за рахунок вторинної переробки деталей та вузлів сільськогосподарської техніки підходять поки з обережністю приділяють увагу в основному твердим побутовим відходам і, подекуди, промисловим відходам. Дослідженнями управління переробки відходів займаються Р.З. Берлінг, Р.З. Данилович, М.В. Кіндій, Р.В. Корпан, Н.В. Павліха, Н.О. Хижнякова та інші науковці та практики [3].

Принципи управління та нормативного правового забезпечення системи утилізації сільськогосподарської техніки і обладнання на федеральних та регіональних рівнях відображені в наукових роботах В.С. Герасимова, Ю.В.Трофименко, К.Ю.Трофименко та інших [4].

**Формулювання цілей статті.** Зважаючи на вищенаведену проблематику, цілями статті є обґрунтування доказової бази широкого впровадження технологій рециклінгу, починаючи з нульового рівня життєвого циклу землеробської сільськогосподарської техніки.

Основна частина. Минуле століття відзначилося інтенсифікацією автоматизації сільського господарства. В результаті в обіг надійшла велика кількість спеціальної техніки та обладнання. Наприклад, тракторів, зернозбиральної, землеобробної, посівної, заготівельної, техніки обладнання для переробки та відвантаження зерна і т. д. Ця техніка постійно удосконалюється та по-