

УДК 631.358.1

РОЗРАХУНОК ІНЕРЦІЙНИХ СТРУШУВАЧІВ ПЛОДОЗБИРАЛЬНИХ МАШИН

О. П. ДЕРКАЧ, кандидат історичних наук, доцент
Національний університет біоресурсів і природокористування України
E-mail: oleksiy.derkach@gmail.com

Перевагою інерційних струшувачів є можливість отримання вібрації більшої частоти та передача більших зусиль стовбурам і гілкам дерев без передачі значних навантажень енергетичним засобам, на які вони начіплені, завдяки чому їх можна монтувати на легкі і маневрені плодозбиральні машини [1-3]. Нами запропонована методика розрахунку інерційних струшувачів з безпосереднім з'єднанням неврівноваженої маси з гілкою чи стовбуром дерева [4-6].

Гілка чи стовбур дерева мають кілька ступенів свободи, що ускладнює точний розрахунок коливань. Для спрощення розрахунку зробимо наступні допущення: гілка або стовбур мають тільки одну ступінь свободи, збуджувальна сила змінюється по синусоїдальному закону, відновлювальна сила пропорційна деформації, а демпфування пропорційно швидкості. За умови дотримання цих допущень закон руху при струшуванні може бути встановлений із диференціального рівняння:

$$M \frac{d^2 x}{dt^2} + c \frac{dx}{dt} + kx = mr \omega^2 \cos \omega t, \quad (1)$$

рішення якого має вигляд

$$x = \frac{S}{2} \cos(\omega t - \alpha) \quad (2)$$

де M – маса системи, що бере участь у русі (включно з неврівноваженою масою m ексцентрика вібратора з ексцентриситетом r і кутовою швидкістю ω); x – зміщення в момент t ; c – коефіцієнт демпфування; k – жорсткість гілки або стовбура; α – кут зсуву фази (відставання коливань дерева та коливань вібратора).

За високої частоти вимушених коливань (набагато більшої за власну нижню частоту системи) коефіцієнт S може бути прийнятий рівним

$$S = \frac{2mr}{M} \quad (3)$$

З рівняння (1) може бути знайдено максимальне значення збуджувальної сили F_d

$$F_d = mr\omega^2 \left[\left(\frac{S}{2r} + 1 + \frac{S}{r} \cos \alpha \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

Звідси миттєва потужність інерційного струшувача становитиме

$$P_{inst} \left[mr\omega^2 \cos \omega t \left[-\frac{S}{2} \sin(\omega t - \alpha) \right] \right], \quad (5)$$

а середня потужність за один цикл T_f дорівнює:

$$P_{av} = \frac{\sum P \Delta t}{T_f} = \frac{1}{T_f} \int_0^{T_f} P dt = \frac{mr\omega^3 S}{4} \sin \alpha \quad (6)$$

При максимальному значенні потужності, що витрачається вібратором

$$P_{max} = \frac{mr\omega^3 S}{4} (\pm 1 - \sin \alpha) \quad (7)$$

найбільший крутний момент у приводі вібратора буде рівним

$$T_{max} = \frac{mr\omega^2 S}{4} (\pm 1 - \sin \alpha) \quad (8)$$

Для визначення реального значення кута відставання α в системі було проведено серію натурних дослідів із струшування слив і абрикосів зі встановленням датчиків на вібраторі та на дереві. Значення кута α визначали за осцилограмами спільного запису показань усіх датчиків. Вібратор зі штангою, навішеною на плодозбиральну машину, одержував рух від гідромотора з вимірюванням тиску в нагнітальному трубопроводі та кількості обертів з метою визначення значень потужності, що витрачається. Значення кута α залежать від відношення вимушеної частоти до власної і лежать у межах від 60° при відношенні 8-12 і до 180° при відношенні 20 і більше. При цьому дійсні значення амплітуди коливань відрізняються від розрахованих за формулою (2) з урахуванням реальних значень кута α на $\pm 25\%$. На діаграмах залежності

амплітуди коливань від частоти відзначаються максимумами, що відповідають частотам, у сливових дерев близько 60 Гц, а в абрикосів – близько 36 Гц.

Висновок. Порівняння реальних і розрахункових значень потужності, що витрачається на привод, показує, що інерційні вібратори потребують значної потужності на подолання тертя, причому найбільше тертя отримують під час зворотно-поступального руху повзуна вібратора по штанзі. Чим більша маса вібратора, тим більш рівномірним виходить струшування дерева, але більшим є і навантаження на машину, на яку навішено струшувач.

Список використаних джерел

1. Ruijun Ma, Taymaz Homayouni, Arash Toudeshki, Reza Ehsani, Xiaohua Zhang. An Experimental Study and Mathematical Modeling of Vibration Transfer in Pistachio Trees Using an Inertia-Type Trunk Shaker and Field-Adapted Wireless Sensors // *Shock and Vibration*. 2022. (2022). С. 1–13.
2. SARKAR P. Use of shaking mechanism and robotic arm in fruit harvesting : A comprehensive review // *Journal of Crop and Weed*. 2021. № 2 (17). P. 01–09.
3. Rogovskii I. L. Algorithmically determine the frequency of recovery of agricultural machinery according to degree of resource's costs. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2020. Vol. 11 (1). P. 155–162. <https://doi.org/10.31548/machenergy.2020.01.155-162>.
4. Rogovskii I. L. Systemic approach to justification of standards of restoration of agricultural machinery. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. Vol. 10 (3). P. 181–187.
5. Myhailovych, Y., Rogovskii, I., Korobko, M., Berezova, L. Experimental studies of vibration load of synchronous threaded connections of grain harvester combines. *Engineering for Rural Development*. 2023. Vol. 22. P. 908–914. DOI: 10.22616/ERDev.2023.22.TF179.
6. Rogovskii I., Titova L., Shatrov R., Bannyi O., Nadtochiy O. Technological effectiveness of machine for digging seedlings in nursery grown on vegetative rootstocks. *Engineering for Rural Development*. 2022. Vol. 21. P. 924–929.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ МЕХАНІКИ ТА АВТОМАТИКИ АПВ НААН
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



***ЗБІРНИК
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ***

***XII Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди
118-ї річниці від дня народження
доктора технічних наук, професора,
віцепрезидента УАСГН
КРАМАРОВА
Володимира Савовича
(1906-1987)***

«КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»

***20-21 лютого 2025 року
м. Київ***

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
NATIONAL UNIVERSITY OF LIFE AND ENVIRONMENTAL
SCIENCES OF UKRAINE
INSTITUTE OF MECHANICS AND AUTOMATICS OF
AGROINDUSTRIAL PRODUCTION OF THE NATIONAL
ACADEMY OF AGRARIAN SCIENCES OF UKRAINE STATE
BIOTECHNOLOGICAL UNIVERSITY



PROCEEDINGS

*XII International Scientific and Technical Conference dedicated
to the 118th anniversary of the birth of
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Vice President of the UAAS
KRAMAROV
Volodymyr Savovych
(1906-1987)*

«KRAMAROV'S READINGS»

*February 20-21, 2025
Kyiv*

УДК 631.17+62-52-631.3

Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 118-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 20-21 лют. 2025 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2025. 662 с.

Proceedings of the XII International Scientific and Technical Conference dedicated to the 118th anniversary of the birth of Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice President of the UAAS Kramarov Volodymyr Savovych (1906–1987), February 20–21, 2025, Kyiv / MES of Ukraine, National University of Life And Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv: Publishing center of NULES of Ukraine, 2025. 662 p.

В збірнику представлені тези доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників, аспірантів та студентів НУБіП України, провідних вітчизняних і закордонних вищих навчальних закладів та наукових установ, в яких розглядаються завершені етапи розробок.

The Proceedings presents abstracts of reports of scientific and pedagogical workers, research staff, graduate students and students of the NULES of Ukraine, leading domestic and foreign higher educational institutions and scientific institutions, in which completed stages of development are considered.