

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.

Proceeding 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.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ:

- Ткачук В. А.** – ректор НУБіП України, голова організаційного комітету;
Тонха О. Л. – проректор з наукової роботи та інноваційної діяльності НУБіП України, заступник голови організаційного комітету;
Ружило З. В. – декан факультету конструювання та дизайну НУБіП України, заступник голови організаційного комітету;
Мельник В. І. – доцент кафедри надійності техніки НУБіП України, секретар організаційного комітету;
- Члени організаційного комітету:**
Автухов А. К. – завідувач кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О. І. Сідашенка ДБУ;
Адамчук В. В. – директор «ІМА АПВ НААН», академік НААН;
Альмейда А. – професор Політехнічного університету Браганси (Португальська Республіка);
Аулін В. В. – професор кафедри експлуатації та ремонту машин ЦНТУ;
Арак М. – директор Тартуського технічного коледжу м. Тарту (Естонська Республіка);
Банний О. О. – заступник декана факультету конструювання та дизайну НУБіП України;
Бєлоєв Х. – радник ректора Університету «Ангел Кънчев» в м. Русе, академік Болгарської АН (Республіка Болгарія);
Борак К. В. – заступник директора ЖАТФК;
Братішко В. В. – декан МТФ НУБіП України;
Будяй О. В. – директор ТОВ «Манн+Хуммель Фільтрейшн Текнолоджі Україна»;
Булгаков В. М. – завідувач кафедри механіки НУБіП України, академік НААН;
Василенко М. О. – завідувач відділу «ІМА АПВ НААН»;
Васильковський О. М. – завідувач кафедри сільсько-господарського машинобудування ЦНТУ;
Войтюк Д. Г. – професор кафедри сільськогосподарських машин та системотехніки ім. акад. П.М. Василенка НУБіП України, член-кореспондент НААН;
Герук С. М. – завідувач кафедри агроінженерії ЖАТФК;
Джеонг Ілля – Голова представництва в Україні «HYUNDAI XITESOLUTION» (Республіка Корея);
Домейка Р. – декан відділення Агроінженірингу, Університету Вітаутаса Великого (Литовська Республіка);
Захарчук О. В. – завідувач відділу ННЦ «ІАЕ», член-кореспондент НААН;
Іванишин В. В. – ректор ЗВО «Подільський ДУ», академік НААН;
Ковалишин С. Й. – декан факультету механіки, енергетики та інформаційних технологій ЛНУП;
Коренко М. – професор Інституту проєктування та інженерних технологій Словацького аграрного університету в м. Нітра (Словацька Республіка);

- Кувачов В. П.** – декан МТФ ТДАТУ імені Дмитра Моторного;
- Кульгавий В. Ф.** – генеральний директор ВГО «Українська асоціація аграрних інженерів»;
- Кюрчев С. В.** – ректор ТДАТУ імені Дмитра Моторного;
- Литовченко О. В.** – директор ВСП «Ніжинський ФК НУБіП України»;
- Ловейкін В. С.** – завідувач кафедри конструювання машин і обладнання НУБіП України;
- Лопатько К. Г.** – завідувач кафедри технології конструкційних матеріалів і матеріалознавства НУБіП України;
- Лукач В. С.** – директор ВП «Ніжинський агротехнічний інститут» НУБіП України;
- Мельник В. І.** – провідний науковий співробітник відділу науково-технічної інформації НДЧ НУБіП України;
- Мельник В. І.** – професор кафедри оптимізації технологічних систем в рослинництві ДБУ;
- Надикто В. Т.** – професор ТДАТУ імені Дмитра Моторного, член-кореспондент НААН;
- Науменко О. А.** – професор кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О. І. Сідашенка ДБУ;
- Новак Я.** – професор Університету природничих наук у Любліні (Республіка Польща);
- Новицький А. В.** – завідувач кафедри надійності техніки НУБіП України;
- Ольт Ю.** – професор Інженерного інституту Естонського університету наук про життя (Естонська Республіка);
- Паскуці С.** – професор Департаменту агроекологічних і територіальних наук (DISAAT) університету Альдо Моро в м. Барі (Італійська Республіка);
- Пилипака С. Ф.** – завідувач кафедри нарисної геометрії, комп'ютерної графіки та дизайну НУБіП України;
- Полянський П. М.** – завідувач кафедри загальнотехнічних дисциплін МНАУ;
- Пона Лукреція** – науковий дослідник Національного інституту досліджень і розробок машин і установок для сільського господарства та харчової промисловості (Румунія);
- Продеус О. В.** – керівник відділу збуту Манн+Хуммель GmbH;
- Роговський І. Л.** – завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка НУБіП України;
- Ромасевич Ю. О.** – заступник декана факультету конструювання та дизайну НУБіП України;
- Ревенко Ю. І.** – доцент кафедри надійності техніки НУБіП України;
- Русінс А.** – директор Улброкського наукового центру Латвійського університету природничих наук і технологій (Латвійська Республіка);
- Саченко В. І.** – Голова Ради Асоціації «Укрмашибуд»;
- Савченко В. М.** – доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу ПНУ;
- Сайчук О. В.** – директор ХДФПК імені В. І. Вернадського;
- Сиволапов О. В.** – директор ТОВ «Індустрія техногруп»;

Тін Ю Чен - голова китайського офісу філії університету в Лінї (Китайська Народна Республіка);

Фіндура П. – проректор Словацького аграрного університету в м. Нітра (Словацька Республіка).

Шарибура А. О. – завідувач кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. О. Семковича ЛНУП;

Яковенко І. А. – завідувач кафедри будівництва НУБіП України.