

СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЖИВИХ ТІЛ

Данило Снобко

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-8414-8825>

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро

Галина Сокол

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6183-9155>

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро

Вступ

В сей час накоплений доволі великий досвід з виявлення ознак негативного впливу звуку та інфразвуку с високим рівнем інтенсивності на живі організми [1-3]. Відоме використання негативного впливу на шкідників рослин та гризунів [4] Найголовнішим випадком тут є співпадіння резонансних частот окремих органів з деякими частотами акустичних полів і вібрацій. При дослідженні вібрації тіло слід розглядати як систему з механічних елементів, що володіють інерційними, пружними, демпфуючими та іншими властивостями.

Існуючі методи, такі як визначення резонансних частот тіл живих організмів та моделювання серця комахи, мають свої недоліки [5]. Ці методи передбачають наявність точного знання об'ємів, мас, жорсткостей тканин, розмірів окремих органів Але за цими методами неможливо визначити маси, резонансну частоту, жорсткість живих органів, з невизначеною внутрішньою структурою. Цим визначається актуальність обраної теми нових досліджень. Запатентована корисна модель належить до галузі механіки і спрямована на визначення механічних характеристик живих організмів.

МЕТА ТА ЗАДАЧІ

Мета цієї роботи полягає у вдосконаленні методу визначення механічних характеристик живих тіл, що дозволяє застосовувати його до організмів з невідомою внутрішньою структурою.

Задачі полягають у наступному:

- на основі існуючої наукової літератури визначитися з можливістю використання негативного вібраційного впливу на живі організми;
- провести виміри розмірів, мас окремих живих істот (наприклад, колорадського хруща);
- визначитися з режимами (амплітуди, частоти), на яких буде

працювати вібростенд;

– визначити частоту, яка принесе загибель колорадського хруща після експерименту.

Огляд існуючих методів

Відомий спосіб визначення резонансних частот тіл живих організмів, розроблений професором І. К. Косько, являє собою передову методику, яка дозволяє моделювати складні механічні системи людського тіла. У цій роботі тіло людини розглядається як багатомасова механічна система, що має низку власних парціальних частот. Для проведення точних розрахунків спочатку створюється фізична модель живого організму, яка потім перетворюється на розрахункову схему.

Ця схема зображується у вигляді системи дискретних мас, пов'язаних між собою пружними зв'язками, що відображає реальні механічні властивості тканин та органів. Ключовим параметром у цій моделі є коефіцієнт жорсткості системи, який впливає на поведінку резонансних коливань. Метод, запропонований професором Косько, дозволяє точно визначити резонансні частоти коливань різних органів і систем тіла людини. Це особливо важливо, наприклад, для космонавтів, оскільки резонансні частоти можуть впливати на їхнє здоров'я та самопочуття під час перебування в космічному просторі. Результати розрахунків дають можливість прогнозувати і запобігати негативним наслідкам резонансних коливань на організм людини. [6].

Недоліком даного способу є те, що не завжди можливо достатньо точно визначити маси та жорсткості живих органів істот чи усього живого тіла. Визначити механічні характеристики живих тіл з невідомою внутрішньою структурою таким методом неможливо.

Відомий спосіб моделювання серця комахи багатокамерною акустичною системою [5]. У роботі наведено, що серце комахи - це механічна система яка складається з зосереджених мас, з'єднаних між собою пружними зв'язками, всередині яких розташовані трубки, що містять в'язку рідину. В основу розрахунку резонансної частоти серця комахи покладено метод електромеханічних аналогій.

Недоліком способу є те, що він дозволяє визначити механічні характеристики серця колорадського жука, тобто промоделювати тільки окремих орган живого організму, причому метод може бути використаний тільки для окремої структури істоти, типа серця колорадського жука, структуру якої можливо моделювати методом електромеханічних аналогій. Визначити механічні характеристики живих тіл з невідомою внутрішньою структурою таким методом неможливо.

Найбільш близьким до даної корисної моделі є спосіб, що

розробив Ю.Ч. Фин [7]. Він отримав криві залежності подовження від навантаження зразка серцевої капілярної м'язи кролика.

Недоліком способу є те, що не завжди можливо узяти до експерименту орган чи тіло живого організму, прикласти до нього силу, виміряти подовження, чим скласти уявлення о механічних характеристиках цього тіла. Тим паче, визначити механічні характеристики живих тіл з невизначеною внутрішньою структурою таким методом неможливо.

ПРОПОНОВАНИЙ МЕТОД

В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення способу для визначення механічних характеристик живих тіл [8].

Поставлена задача вирішується способом, що механічний вплив на тіло і тканини живої істоти здійснюють знакозмінною силою з частотою вібраційних коливань з амплітудою, яка дорівнює відношенню сили розриву сполучних тканин тіла до їх площі перерізу, і частотою рівній власній частоті живого тіла.

Спосіб здійснюється наступним чином.

Відомо, що резонансна частота f будь-якого жорсткого тіла масою m і жорсткістю c визначається з співвідношення:

$$f = 1/2\pi\sqrt{C/m} \quad (1)$$

де π – число π , m – маса тіла, C – жорсткість тіла.

Тому, якщо на тіло живої істоти, внутрішня структура якої не визначена, впливати вібраціями з частотою, що приведе до загибелі живої істоти, то можна однозначно зробити висновок про визначення цієї резонансної частоти тіла та визначення жорсткості тіла, тобто провести визначення механічних характеристик тіла живої істоти.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

У Дніпровському національному університеті проведено науково-дослідну роботу з дослідження впливу вібраційних коливань на шкідливу комаху. В результаті експериментальних робіт були визначені механічні характеристики тіла шкідливої комахи: колорадського жука, тобто вдалося визначити масу тіла шкідливої комахи, жорсткість і резонансну частоту тіла.

Очевидно, що розрив тканин і біологічна смерть шкідливої комахи при впливі на неї вібраційних коливань повинні свідчити про те, що знайдена резонансна частота тіла f . Жорсткість тіла C шкідливої комахи визначається розрахунковим шляхом після визначення зважуванням маси тіла m і резонансної частоти f .

Експериментальне визначення жорсткості і резонансної частоти тіла в лабораторії проводилося наступним чином. Попередньо кожна з досліджуваних комах була зважена з точністю $\pm 0,005$ грама, маркована червоною фарбою. Кожна досліджувана комаха знаходилася в марлевому мішечку, який кріпився до столу вібростенда, УВЕ-100/5-3000. Після впливу вібрацій кожна комаха була оглянута і розкладена по ємкостях з іншими, ще двома, не підданими випробуванням, комахами. Горловини ємностей зав'язувалися марлевою тканиною. Випробуванню вібраційним впливом піддалися 8 шкідливих комах масою 100 – 200 мг у приміщенні лабораторного бокса. Фіксована частота впливаючих коливань для окремих комах задавалася послідовно в межах частотного діапазону 500 до 2500 Гц. Тривалість впливу вібрацій становила приблизно 2 хвилини.

На основі даних зовнішнього огляду комах було встановлено, що біологічна смерть комахи масою 100 мг зареєстрована після впливу на неї вібрацій з частотою 1500 Гц через 4 години після припинення впливу. Безпосередній огляд цієї комахи одразу після впливу вібрацій показав, що всі її органи руху були сильно травмовані. На основі цих даних розрахована жорсткість тіла комахи, величина якої становила: $C = 8,86 \times 10^3$ Н/м.

ВИСНОВОК

У результаті проведених досліджень та розробок був створений вдосконалений метод визначення механічних характеристик живих тіл за допомогою вібраційних коливань. Метод базується на принципі впливу знакозмінною силою з частотою, що відповідає власній резонансній частоті тіла, і амплітудою, що дорівнює відношенню сили розриву сполучних тканин до їх площі перерізу.

Перевагою цього методу є можливість визначення резонансних частот і жорсткості тіла навіть для живих організмів з невизначеною внутрішньою структурою. Це відкриває нові перспективи у вивченні механічних властивостей біологічних систем, особливо у тих випадках, коли традиційні методи не дають точних результатів.

Експериментальні дослідження, проведені в Дніпровському національному університеті, підтвердили ефективність методу. На прикладі колорадського жука було визначено механічні характеристики його тіла, зокрема, масу, жорсткість і резонансну частоту. Результати досліджень показали, що застосування вібраційних коливань дозволяє точно ідентифікувати резонансну частоту і жорсткість тіла комахи, що підтверджується біологічною смертю комахи при досягненні критичної частоти.

Таким чином, запропонований метод є надійним інструментом для дослідження механічних характеристик живих організмів, що має значний потенціал для подальшого розвитку та застосування в різних галузях науки і техніки.

ПОСИЛАННЯ

1. Broner, N. (1978). The effects of low frequency noise on people—a review. *Journal of Sound and Vibration*, 58(4), 483-500.

2. Almeida, J., Marques, L., Figueiredo, J. P., & Ferreira, A. (2023, May). Exposure to Infrasound and Low Frequency Noise—A Case Study of Guarda City Population (Portugal). In *International Conference on Water Energy Food and Sustainability* (pp. 513-523). Cham: Springer Nature Switzerland.

3. Sokol, G. I. ., Savchuk, T. L. ., & Snobko, D. O. (2021). Experimental Modeling of Mechanical Characteristics in Living Elastic Bodies. *New Visions in Science and Technology* Vol. 10, 91–95. <https://doi.org/10.9734/bpi/nvst/v10/1973C>

4. Sokol, G. I., Molnar, T. S., & Sokol, A. V. (2023). Realization of Acoustic Method of Colorado Beetle Elimination.

5. Савчук, Т. Л., Сокол, Г. І., Савчук, В. М., & Алхимов, О. В. (2020). Моделювання резонансних явищ у серці комах в космічних біологічних дослідженнях. *Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій*, (31), 89-99.

6. Сокол, Г. І., & Снобко, Д. О. (2023). Розрахунок механічних характеристик тіл космонавтів методом електромеханічних аналогій. У *Збірник тез XXV Міжнародна молодіжна науково-практична конференція "Людина і космос"* (с. 355).

7. Сокол, Г. І., Дуплищева, О. М., & Рибалка, Т. А. (2009). Вплив звукових і інфразвукових акустичних коливань на живі організми. У *Екологія та ноосферологія: Т. 20. № 3-4*.

8. Пугачов, А. С., Сокол, Г. І., Савчук, Т. Л., & Сокол, А. В. (2021). Спосіб визначення механічних характеристик живих тіл (Патент України № 029 1050 421).