

ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – 2010. – Вип. 96. – С. 267–278.

5. Джонсон, К. Механика контактного взаємодія [Текст] / К. Джонсон; пер. с англ. – М. : Мир, 1989. – 510 с.

6. Царенко, О. М. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів [Текст] : підручник / О. М. Царенко, Д. Г. Войтюк, В. М. Швайко та ін.; за ред. С. С. Яцуна. – К. : Мета, 2003. – 448 с.

#### References

1. Pravila organizatsii i vedennya tekhnologichno-go protsesu na boroshnomelnikh zavodakh [Rules of organization and conduct of technological process are on flour-miller plants] (1998). Ukraine order of Ministry of agroindustrial complex of Ukraine №83 20.03.1998. Kyiv: Vipol, 147.

2. Yastrebov, P. P. (1973). Ispolzovaniye i normirovaniye elektroenergii v protsessakh pererabotki i khraneniya khlebnykh kultur [The use and setting of norms of electric power are in the

processes of processing and storage of panary cultures]. Moscow: Kolos, 311.

3. Shutenko, E. I. (2011). Vpliv rezhimiv sistem dranogo protsesu na pitomi vitrati energii na podribnennya [Influence of the modes of the systems of the ragged process is on the specific charges of energy on growing shallow]. Collection of scientific works of the Odesa national academy of food technologies, 1 (40), 16–18.

4. Solomka, O. V. (2010) Vznachennya pokaznikov mitsnosti zernovikh materialiv [Determination of indexes of durability of grain-growing materials]. Collection of scientific works Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture, 96, 267–278.

5. Dzhonson, K. (1989). Mekhanika kontaktnogo vzaimodeystviya [Mechanics of pin co-operation]. Moscow: Mir, 510.

6. Tsarenko, O. M., Voytyuk, D. G., Shvayko, V. M. (2003). Mekhaniko-tekhnologichni vlastivosti silskogospodarskikh materialiv [Mechanical and technological properties of agricultural materials]. Kiev: Meta, 448.

*Дата надходження рукопису 16.06.2015*

**Токолов Юрій Іванович**, аспірант, старший викладач, Кафедра обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка, вул. Мироносицька, 92, м. Харків, Україна, 61002  
E-mail: tokolov@i.ua

**Гурський Петро Васильович**, кандидат технічних наук, професор, кафедра обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка, вул. Мироносицька, 92, м. Харків, Україна, 61002  
E-mail: gurskiy\_peter@mail.ru

**Богомолів Олексій Васильович**, доктор технічних наук, професор, кафедра обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка, вул. Мироносицька, 92, м. Харків, Україна, 61002  
E-mail: oipxv@ukr.net

**Домнич Микола Іванович**, старший викладач, кафедра обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка, вул. Мироносицька, 92, м. Харків, Україна, 61002

УДК 004.89

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.46216

## ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНО КЕРОВАНОГО УДАРНОГО МЕХАНІЗМУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРУЖНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛІВ

© В. М. Дюрик І. І. Небола О. М. Дюрик М. О. Дюрик

*Описано створений програмно керуючий пристрій механічного переміщення, що дозволяє здійснювати удари по поверхні, генеруючи аудіо сигнал. Проведено дослідження звукових сигналів, які генеруються даним пристроєм, різними активними поверхнями, зроблено їх аналіз та порівняння. За результатами дослідження показано можливість використання здійсненої комплексної установки для дослідження аудіо сигналів різного походження*

**Ключові слова:** механічна система, програмне забезпечення mach3, ударні коливання, кроковий двигун, програмне керування, аудіо сигнал

*The program control device of mechanical movement that allows strikes on the surface generating audio signal was described. The sound signals generated by different surfaces were studied, their analysis and comparison was made. The usage of control device for study of audio signals of different origin was shown*

**Keywords:** mechanical systems, software mach3, drums, firing vibrations, stepper motors, program control, audio signal

### 1. Вступ

В сучасному світі цифрових технологій все більше механічних систем потребують управління з великою точністю.

Контроль за режимом роботи різних машин, агрегатів, протікання технологічних процесів потребує пристроїв, що вимірюють значення величин, які характеризують ці процеси. У схемах автоматики ці пристрої називають датчиками.

Подібні прилади мають колосальну кількість практичних застосувань у найрізноманітніших областях, тому існує безліч класів датчиків переміщення, які розрізняються за принципом дії, точністю, ціною та іншими параметрами.

Датчики з електронними регуляторами переміщення – пристроями для керування обертами електродвигуна утворюють програмно керовані механічні системи.

Розглянута в роботі механічна система здійснює механічні переміщення ударного типу на основі крокового двигуна та контролера, що дозволяє робити програмне керування за допомогою персонального комп'ютера та програмного забезпечення.

### 2. Постановка проблеми

На теперішній час стало можливим здійснення механічного переміщення програмно керованими засобами. До таких засобів належить кроковий двигун, яким через драйвер дає змогу програмно керувати із взаємодіючим пристроєм. Крокові двигуни все більше входять до складу різноманітних механічних систем.

Механічні системи на базі крокових двигунів характеризуються великою точністю та варіаційністю управління, надійністю та простотою установки.

Висока точність та варіаційність такої механічної системи дозволяють робити системи перевірки якості матеріалів на основі вимірювання параметрів зразків.

### 3. Літературний огляд

RFDA basic – використовується, для вимірювання імпульсного впливу при кімнатній температурі. У RFDA basic основні параметри для розрахунку це резонансної частоти і внутрішнього тертя або демпфірування зразків з усіма видами форм і обчислює модуль Юнга, модуль зсуву, коефіцієнт Пуассона прямокутних зразків, дисків, стрижнів та диски з отвором в центрі. Зовнішній вигляд механічної системи RFDA basic показано на рис. 1.

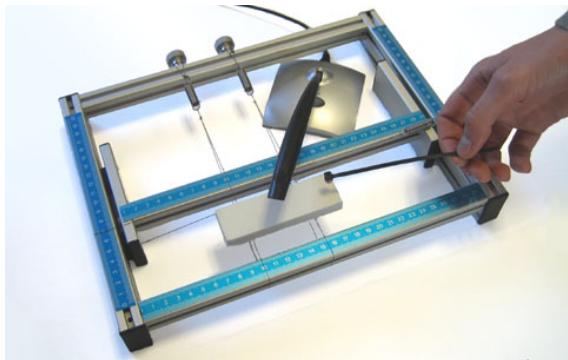


Рис. 1. Зовнішній вигляд RFDA basic

По досліджуваному зразку проводиться серія ударів за допомогою ударного інструменту оператором. Внаслідок чого виникають імпульси, створюючи стоячу хвилю у твердому тілі. В результаті звук записується за допомогою USB-мікрофон, після чого програма RFDA отримує дані. Зручний користувальницький інтерфейс дозволяє з легкістю отримати визначені параметри [1].

### 4. Використання програмно керованого ударного механізму для отримання акустичних сигналів та дослідження пружних властивостей матеріалів

Розроблена нами механічна система здійснює стандартизовані ударні рухи по активних поверхнях, які генерують спектр власних коливань, що фіксуються, як характерні аудіо сигнали, що фіксуються та обробляються системою реєстрації та аналізу.

Buzz-o-sonic- програма, призначена для вимірювання пружних властивостей матеріалів, таких як: кераміка, метали, композити та полімери. Buzz-o-sonic відповідає стандарту ASTM E1876 [2]. Зовнішній вигляд програми та ударного пристрою Buzz-o-sonic показано на рис. 2.

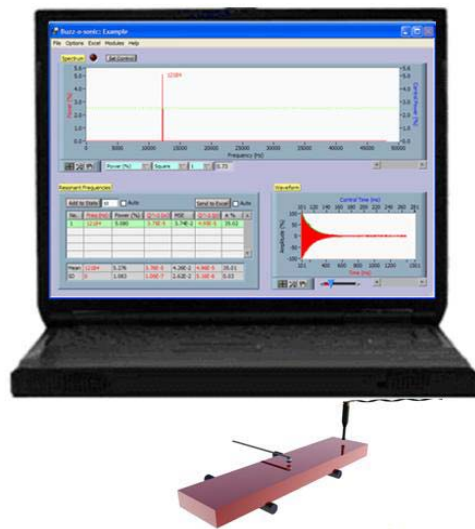


Рис. 2. Вікно програми Buzz-o-sonic

По досліджуваному зразку проводиться серія ударів інструментом внаслідок чого виникають імпульси, створюючи стоячу хвилю у твердому тілі. В результаті звук записується з мікрофону, підключеного до комп'ютера під управлінням Buzz-o-sonic. Buzz-o-sonic аналізує звук за допомогою швидкого перетворення Фур'є[3].

Форма сигналу і потужність, частотного спектру відображаються на графіках з якого визначаються демпфіруючі властивості та резонансна частота. Швидкість звуку, модуль Юнга, модуля зсуву і коефіцієнта Пуассона, це можна обчислити з розмірів і густини речовини[4].

Пружні параметри можна визначити для стандартних форм, таких як прямокутні бруски, циліндри та диски – як описано в ASTM E1876 – і для нестандартних фігур, таких як квадратні пластини і кільцеві. Зовнішній вигляд механічної системи показано на рис. 3.



Рис. 3. Зовнішній вигляд механічної системи

- Механічна система складається :
- Кроковий двигун NEMA 23 [5];
  - Контролер TB6560 [6];
  - Блок живлення S-350-24 [7];

- Мікрофон SKEN 031;
- Програмне забезпечення для керування двигуна Mach 3;
- Обробка і аналіз генерованих аудіо сигналів Buzz-o-sonic.

Приведемо результати отриманої величини і форми аудіо сигналу, що генеруються різними активними поверхнями при «стандартному» ударі системи програмного ударного переміщення.

Приведений попереду метод імпульсного збудження (ІЕ) дозволяє нам визначити динамічний модуль Юнга і модуль зсуву із отриманих резонансних частот без руйнування досліджуваного зразка. Відповідно ця процедура випробувань зразка з різними формами підтримується на штативі щоб не виникало зовнішнього демпфірування.

Досліджую зразки різної форми і розміру, трьох різних матеріалів

- D2 – Дерево (Бук)
- D3 – Дюралюміній
- D4 – Силікатна цегла

Розміри та параметри зразків наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Розміри та параметри зразків

Зразки	l(см)	w(см)	h(см)	$\rho(\text{кг/м}^3)$	m(кг)	Матеріал
D2	23,5	5,5	4,7	720	0,44	Дерево (Бук)
D3	3,5	3,5	2,5	2700	0.1	Дюралюміній
D4	23	11	6,5	1890	4.9	Силікатна цегла

**Зразок D2.**

При здійсненні ударів по дерев'яному зразку аудіо сигнал показано на рис. 4.

Нижній графік показує амплітуду коливань в залежності від часу. Верхній графік показує амплітуду від частоти та аналізує звук за допомогою швидкого перетворення Фур'є і визначається резонансна частота за піковими частотами отримані шляхом підгонки вимірюного спектру.

Пік частоти розраховується шляхом побудови кривої в декількох точках навколо піку. Якщо пік знаходиться між двома точками на спектрі, мітка розташована на точці, найближчої до розрахункового піку. Значення частоти, що відповідає максимуму для дерев'яного зразка становить: ~2245 (Гц).

Модуль Юнга визначаю за формулою:

$$E_2 = \frac{0.9465 \cdot \rho \cdot f_f^2 L^4}{t^2} T_1 = 8962 \text{ МПа.} \quad (1)$$

Модуль Юнга дерев'яного зразка визначається метод Імпульсного збудження, результати наведені в табл. 1, 2, і вони близькі до табличних значень  $E=10000$  МПа. У цьому випадку як визначений модуль Юнга.

$E=8962$  МПа. Величина модуля Юнга для дерев'яного зразка визначеного за допомогою Імпульсного збудження (ІЕ) має високу відтворюваність вимірювання.

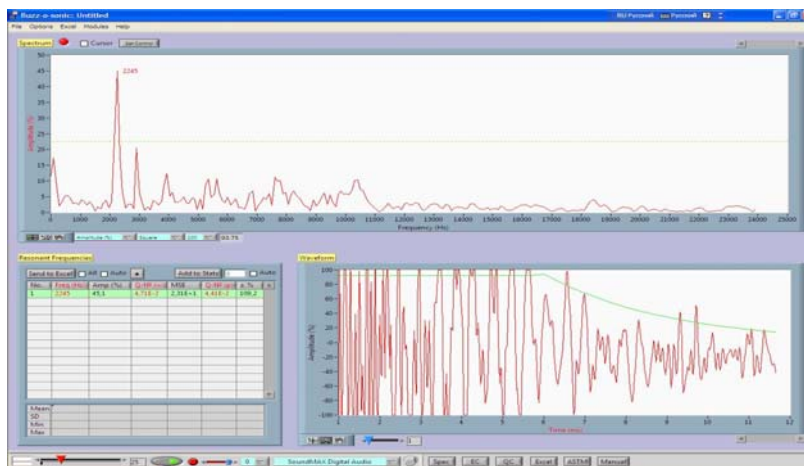


Рис. 4. Знімок екрану з програми Buzz-o-sonic показано зразок D2

**Зразок D4.**

Зразок силікатної цегли відрізняється набагато від попереднього зразка, амплітуда та тривалість звучання його значно більша. Знімок екрану з програми Buzz-o-sonic зразку D3 показано на рис. 5.

Нижній графік показує амплітуду коливань в залежності від часу. Верхній графік показує амплітуду від частоти та аналізує звук за допомогою швидкого перетворення Фур'є і визначається резонансна частота зразка за піковими частотами отримані шляхом підгонки виміряного спектру

Значення частоти, що відповідає максимуму для силікатної цегли становить: ~5355 (Гц).

Модуль Юнга визначаю за формулою:

$$E_2 = \frac{0.9465 \cdot \rho \cdot f_f^2 L^4}{t^2} T_1 = 2960 \text{ МПа} \quad (2)$$

Модуль Юнга силікатної цегли зразка визначений методом імпульсного збудження, результати досліджень наведені в таблицях 1.2, і вони близькі до табличних значень E=3000 МПа для силікатної цегли. У нашому випадку визначений модуль Юнга відповідно E=2960 МПа . Значення величини модуля

Юнга для силікатної цегли визначеного за допомогою Імпульсного збудження (ІЕ) добре відтворюються при повторних випробуваннях.

**Зразок D3.**

Аудіо сигнал удару по металевій поверхні відрізняється набагато меншою амплітудою та тривалість звучання.

Нижній графік показує амплітуду коливань в залежності від часу. Верхній графік показує амплітуду від частоти та аналізує звук за допомогою швидкого перетворення Фур'є і визначається резонансна частота за піками піковими частотами отримані шляхом підгонки виміряного спектру.

Пік частоти розраховується шляхом побудови кривої в декількох точках навколо піку. Якщо пік знаходиться між двома точками на спектрі, мітка розташована на точці, найближчої до розрахункового піку. Значення частоти, що відповідає максимуму для дюралюмінієвого зразка становить: ~5434 (Гц).

$$E_2 = \frac{0.9465 \cdot \rho \cdot f_f^2 L^4}{t^2} T_1 = 73050 \text{ МПа} \quad (3)$$

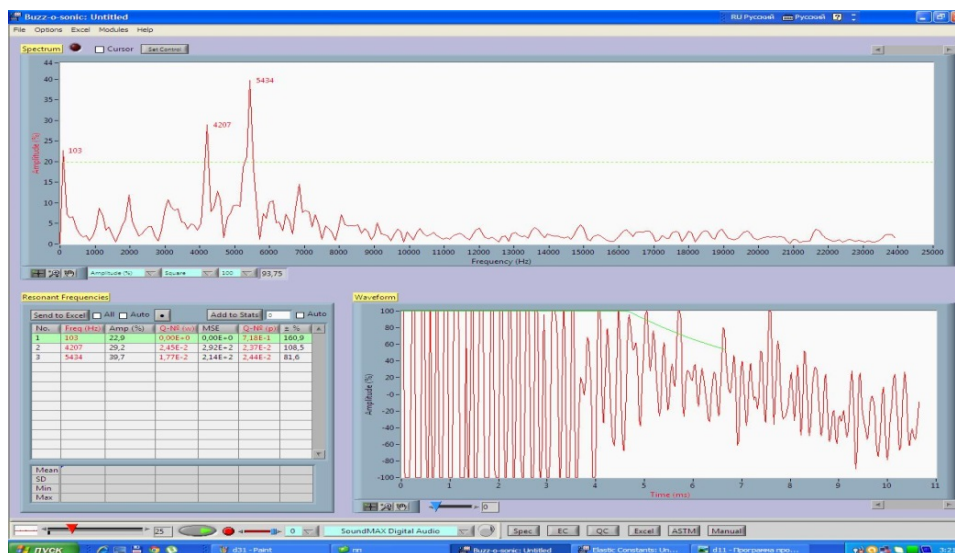


Рис. 5. Знімок екрану з програми Buzz-o-sonic показано зразок D3

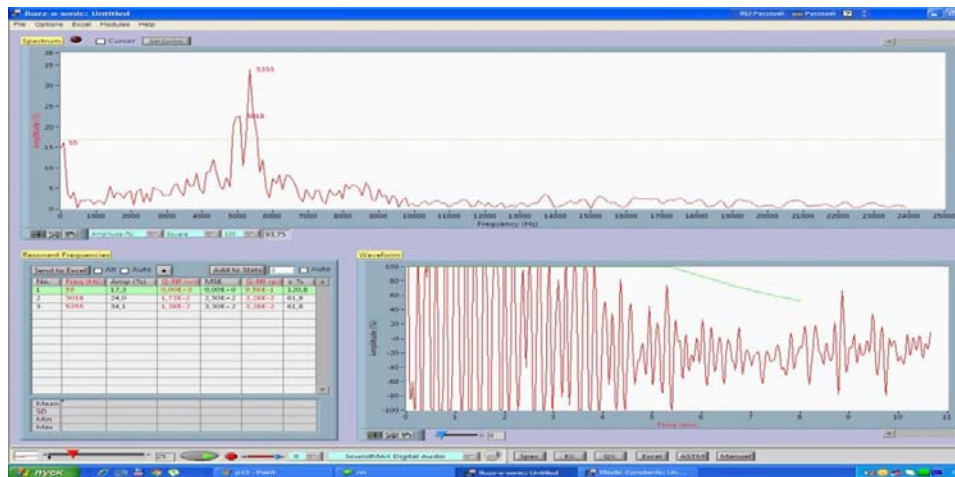


Рис. 6. Знімок екрану з програми Buzz-o-sonic показано зразок D4

Модуль Юнга дюралюмінієвого зразка визначається методом Імпульсного збудження, результати наведені в табл. 1, 2, і вони близькі до табличних значень  $E=74000$  МПа. У цьому випадку визначений модуль Юнга  $E=73050$  МПа. Величина модуля Юнга для дюралюмінієвого зразка визначеного за допомогою Імпульсного збудження (ІЕ) має високу відтворюваність вимірювання. Результати вимірювання модуля Юнга наведено в табл. 2.

Таблиця 2  
Результати вимірювань модуля Юнга

Зразки	$E_T$ (МПа)	F (Гц)	$E_E$ (МПа)	Матеріал
D2	10000	2245	8962	Дерево (Бук)
D3	74000	5434	73050	Дюралюміній
D4	3000	5355	2960	Силікатна цегла

Порівняємо результати модуля Юнга з табличними: отримані результати близькі до табличних значень. Це зв'язано з неточністю вимірюванні лінійних розмірів зразків.

Проведені дослідження ілюструють можливість використання розробленої і створеної комплексної системи програмно керованого пристрою здійснення механічних переміщень ударного типу та системи реєстрації і аналізу аудіо сигналів для вивчення генеруючих особливостей різних активних поверхонь. Система може бути використана для проведення різного роду налаштувань пристроїв де вимагаються фіксовані значення власних коливань.

## 6. Висновки

1. Розроблена і реалізована механічна система на базі крокового двигуна NEMA 23, контролера ТВ6560, блоку живлення S-350-24, персонального комп'ютера. Механічна система на базі крокового двигуна характеризується великою точністю та простотою управління.

2. Програмним забезпеченням MACH 3 забезпечується реалізація механічних переміщень в широкому діапазоні зміни характеристик здійснюваних механічних переміщень.

3. Реалізована система реєстрації аудіо сигналів дозволила провести порівняльний аналіз генерованих різними активними поверхнями.

4. Проведені дослідження ілюструють можливість використання розробленої і створеної комплексної системи програмно керованого пристрою здійснення механічних переміщень ударного типу та системи реєстрації і аналізу аудіо сигналів для ви-

вчення генеруючих особливостей різних активних поверхонь.

5. Система була використана для проведення досліджень певних механічних параметрів поверхонь виготовлених з різних типів матеріалів. Показано, що визначені значення модуля Юнга для різного роду матеріалів добре узгоджуються з табличними даними.

## Література

1. RFDA basic. The RFDA basic is used to do impulse excitation measurements at room temperature [Electronic Resource]. – Available at: <http://www.imce.eu/rfda-mf-basic>

2. Standard Test Method for Dynamic Young's Modulus, Shear Modulus, and Poisson's Ratio by Impulse Excitation of Vibration. United States. Astm International helping our world work better [Electronic Resource]. – Available at: <http://www.astm.org/Standards/E1876.htm> /

3. Radovic, M. Comparison of different experimental techniques for determination of elastic properties of solids [Text] / M. Radovic, E. Lara-Curzio, L. Riester // Materials Science and Engineering. – 2003. – Vol. 28, Issue 12. – P. 56–70.

4. Buzz-o-sonic use the Impulse Excitation. United States. Independent Research Shows Buzz-o-sonic is Precise and Repeatable [Electronic Resource]. – Available at: <http://www.buzzmac.com/impulse-excitation.html>

5. Двигун кроковий 23HS8430. Україна. Кроковий двигун 3.0А сила 18 кг. крок 1.8 градуса [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://cnc.prom.ua/p4348106-dvigatel-shagovyj-30a>

6. Драйвер крокового двигуна ТВ6560 V2. Україна. Драйвер крокового двигуна [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.e-voron.dp.ua/files/pdf/Cnc/TB6560DRV2\\_ru.pdf](http://www.e-voron.dp.ua/files/pdf/Cnc/TB6560DRV2_ru.pdf)

7. Switching Power Supply 350W. USA. Interinar Electronics Repeatable [Electronic Resource]. – Available at: [http://www.interinar.com/public\\_docs/S-350-24.pdf](http://www.interinar.com/public_docs/S-350-24.pdf)

## References

1. RFDA basic. Available at: <http://www.imce.eu/rfda-mf-basic>

2. Standard Test Method for Dynamic Young's Modulus, Shear Modulus, and Poisson's Ratio by Impulse Excitation of Vibration. Available at: <http://www.astm.org/Standards/E1876.htm>

3. Radovic, M., Lara-Curzio, E., Riester, L. (2003). Comparison of different experimental techniques for determination of elastic properties of solids. Materials Science and Engineering, 28 (12), 56–57.

4. Buzz-o-sonic use the Impulse Excitation Technique. Available at: <http://www.buzzmac.com/impulse-excitation.html>

5. Stepper motor 23HS8430. Available at: <http://cnc.prom.ua/p4348106-dvigatel-shagovyj-30a.html>

6. Driver stepper motor TB6560 V2. Available at: [http://www.e-voron.dp.ua/files/pdf/Cnc/TB6560DRV2\\_ru.pdf](http://www.e-voron.dp.ua/files/pdf/Cnc/TB6560DRV2_ru.pdf)

7. Switching Power Supply 350W. Available at: [http://www.interinar.com/public\\_docs/S-350-24.pdf](http://www.interinar.com/public_docs/S-350-24.pdf)

*Дата надходження рукопису 19.06.2015*

**Дюрик Василь Михайлович**, кафедра прикладної фізики, Ужгородський національний університет, вул. Університетська, 14, м. Ужгород, Україна, 88000

E-mail: [f-physics@uzhnu.edu.ua](mailto:f-physics@uzhnu.edu.ua)

**Небола Іван Іванович**, доктор фізико-математичних наук, професор, кафедра прикладної фізики, Ужгородський національний університет, вул. Університетська, 14, м. Ужгород, Україна, 88000

E-mail: [ivan.nebola@uzhnu.edu.ua](mailto:ivan.nebola@uzhnu.edu.ua)

**Дюрик Олександр Михайлович**, аспірант, кафедра прикладної фізики, Ужгородський національний університет, вул. Університетська, 14, м. Ужгород, Україна, 88000

E-mail: [olexandr770@gmail.com](mailto:olexandr770@gmail.com)

**Дюрик Марія Олексіївна**, старший вчитель, Кам'яницької ЗОШ І-ІІІ ст., вул. Ужанська, 22, с. Кам'яниця, Ужгородський район, Україна, 89411