

*Львівська політехніка  
Національний університет*



Міністерство освіти і науки України

Національний університет

"Львівська політехніка"

**Тези доповідей**

*XVII-ої Міжнародної*

*науково-технічної конференції*

***"Вібрації в техніці  
та технологіях"***

*конференція присвячена*

***140-річчю випуску***

***інженерів-механіків у***

***Львівській політехніці***

11 – 12 жовтня

Львів – 2018

**УДК 62-868(06)**

Рекомендовано до друку Вченою радою Інституту інженерної механіки та транспорту Національного університету «Львівська політехніка» Міністерства освіти і науки України (протокол № 2 від 18.09. 2018 р.)

Рецензенти:

**І.В. Кузьо**, доктор технічних наук, професор

**І.І. Назаренко**, доктор технічних наук, професор

**В.П. Надутий**, доктор технічних наук, професор

**А.П. Зіньковський**, доктор технічних наук, професор

***Тези доповідей XVII-ої Міжнародної науково-технічної конференції  
“Вібрації в техніці та технологіях”***

**Установа-організатор конференції: Національний університет  
"Львівська політехніка"**

“Вібрації в техніці та технологіях”, XVII Міжнародна науково-технічна конференція 11-12 жовтня 2018 р.: тези доповідей.- :", 2018- 143с.

**ISBN 978-839-9846-73-7**

До збірника тез доповідей включено матеріали, які стосуються проблем вібраційного та віброударного обладнання, систем керування та елементів приводів вібраційного та віброударного обладнання, використання вібрацій в технологічних процесах, динаміки, міцності та надійності вібраційних машин, САПР та комп'ютерного моделювання у вібраційних та віброударних системах, використання вібрацій у технологічних процесах.

Матеріали тез розраховані на викладачів, науковців та спеціалістів працюючих в галузі теоретичних досліджень та практичного застосування вібрації в техніці та технологіях, а також студентам і аспірантам технічних вищих навчальних закладів, фахівцям науково-дослідних установ та підприємств.

**УДК 62-868(06)**

**ISBN 978-839-9846-73-7**

© НУЛП, 2018

## **ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ**

### **Голова програмного комітету:**

**Ланець Олексій Степанович** – д-р техн. наук, доц., директор Інституту інженерної механіки та транспорту (ІІМТ) Національного університету “Львівська політехніка” (НУЛП).

### **Заступники голови програмного комітету:**

**Кузьо Ігор Володимирович** – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри механіки та автоматизації машинобудування, ІІМТ, НУЛП

**Стоцько Зіновій Антонович** – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри проектування та експлуатації машин, ІІМТ, НУЛП

### **Члени програмного комітету:**

**Афтаназів Іван Семенович** – д-р техн. наук, професор (м. Львів);

**Гордєєв Анатолій Іванович** – д-р техн. наук, професор (м. Хмельницький);

**Грицай Ігор Євгенович** – д-р техн. наук, проф. (м. Львів);

**Дашенко Олександр Федорович** – д-р техн. наук, професор (м. Одеса);

**Делявський Михайло Володимирович** – д-р габ., професор, Польща;

**Деспотович Зелько** – д-р габ., професор, Сербія;

**Дирда Віталій Ілларіонович** – д-р техн. наук, професор (м. Дніпро);

**Зінковський Анатолій Павлович** – д-р техн. наук, професор (м. Київ);

**Іскович-Лотоцький Ростислав Дмитрович** – д-р техн. наук, професор (м. Вінниця);

**Клиш Сильвестр** – д-р габ., професор, Польща;

**Ловейкін В'ячеслав Сергійович** – д-р техн. наук, професор (м. Київ);

**Маслов Олександр Гаврилович** – д-р техн. наук, професор (м. Кременчук);

**Надутий Володимир Петрович** – д-р техн. наук, професор (м. Дніпро);

**Назаренко Іван Іванович** – д-р техн. наук, професор (м. Київ);

**Нестеренко Микола Петрович** – д-р техн. наук, професор (м. Полтава);

**Олейнік Павел** – д-р габ., професор, Польща;

**Остасевичюс Вітаутас** – д-р габ., професор, Литва;

**Паламарчук Ігор Павлович** – д-р техн. наук, професор (м. Київ);

**Подгорецький Адам** – д-р габ., професор, Польща;

**Сілін Радомир Іванович** – д-р техн. наук, професор (м. Хмельницький);

**Струтинський Василь Борисович** – д-р техн. наук, професор (м. Київ);

**Філімоніхін Геннадій Борисович** – д-р техн. наук, професор (м. Кропивницький);

**Франчук Всеволод Петрович** – д-р техн. наук, професор (м. Дніпро);

**Харченко Євген Валентинович** – д-р техн. наук, професор (м. Львів);

**Шатохін Володимир Михайлович** – д-р техн. наук, професор (м. Харків);

**Шульженко Микола Григорович** – д-р техн. наук, професор (м. Харків);

**Ярошевич Микола Павлович** – д-р техн. наук, професор (м. Луцьк);

**Ярошевич Єжи** – д-р габ., професор, Польща.

- Володимир Єлисеєв<sup>1</sup>, Олександр Толстопят<sup>2</sup>, Леонід Флеєр<sup>2</sup>, Анатолій Шевченко<sup>3</sup>, Сергій Шевченко<sup>3</sup>*
57. <sup>1</sup>Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, м. Дніпро, <sup>2</sup>Дніпровський національний університет, <sup>3</sup>Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України, м. Дніпро 109  
**СПРИЙНЯТЛИВІСТЬ СИСТЕМИ «РІДИНА - ФУРМА» ДО КОЛИВАНЬ**
- Олександр Шевченко, Сергій Манзюк*
58. Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського» 111  
**ЕФЕКТИВНІСТЬ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ТОКАРНОЇ ОБРОБКИ**
- Цуркан Олег Васильович<sup>1</sup>, Присяжнюк Дмитро Володимирович<sup>2</sup>*
59. <sup>1</sup>Вінницький національний аграрний університет, <sup>2</sup>Ладизжинський коледж Вінницького національного аграрного університету 113  
**ПЛАНУВАННЯ БАГАТОФАКТОРНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ У ДОСЛІДЖЕННІ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ**
- Володимир Шатохін*
60. Харківський національний університет будівництва та архітектури 115  
**МОДЕЛЮВАННЯ ВІБРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ У ШЛАНГОВОМУ БЕТОНОНАСОСІ З ГІДРОПРИВОДОМ**
- Микола Штиршов*
61. Приватна науково-виробнича фірма "ЛЮ", м. Миколаїв 117  
**ТЕОРЕТИЧНА ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ МІЦНОСТІ І УТОМИ КОНСТРУКЦІЙНОЇ СТАЛІ ПІД ВПЛИВОМ ВІБРАЦІЇ МЕТОДАМИ ФІЗИЧНОЇ ТЕОРІЇ ТВЕРДОГО ТІЛА**
- Янович Віталій, Полєвода Юрій*
62. Вінницький національний аграрний університет 118  
**РОЗРОБКА ВІБРАЦІЙНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВИСОКОДИСПЕРСНИХ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ**
- <sup>1</sup>Кузьо І.В., <sup>2</sup>Васильєва О.Е.*
63. <sup>1</sup>Національний університет «Львівська політехніка», <sup>2</sup>Львівський державний університет безпеки життєдіяльності 120  
**ОБІРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ РЕДУКТОРІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ЗАПОБІГАННЯ ПОПЕРЕЧНИХ КОЛИВАНЬ**
- Іван Афтаназів, Лілія Шевчук, Оріся Строган, Тарас Фалик*
64. Національний університет «Львівська політехніка» 122  
**ЗНЕЗАРАЖЕННЯ СТОКІВ ПИВОВАРІННЯ ВІБРОРЕЗОНАНСНИМ ЕЛЕКТРОНАСОСОМ-КАВІТАТОРОМ**
- Євген Харченко, Андрій Гутий*
65. Національний університет «Львівська політехніка» 124  
**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ХВИЛЬОВИХ ПРОЦЕСІВ В КОЛОНІ БУРИЛЬНИХ ТРУБ ПІД ЧАС ЇЇ ВИВІЛЬНЕННЯ ВІД ПРИХОПЛЕННЯ У СВЕРДЛОВИНІ**

## ПЛАНУВАННЯ БАГАТОФАКТОРНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ У ДОСЛІДЖЕННІ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ

### MULTI-FACTOR EXPERIMENT PLANNING IN THE INVESTIGATION OF THE PROCESS OF GRAIN WHEAT DRYING

Цуркан Олег Васильович<sup>1</sup>, Присяжнюк Дмитро Володимирович<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Вінницький національний аграрний університет, <sup>2</sup>Ладижинський коледж Вінницького НАУ

*Summary: The introduction of vibration technologies during the drying of grain material is becoming urgent in our time, a constant increase in energy prices and high demands on the finished material. Using the vibrational effect on wheat grain during drying allows you to obtain a high quality material, while reducing energy costs. To determine the optimal parameters of this technological process, a multifactorial experiment was planned in the study of the wheat grain drying process.*

Серед основних критеріїв оцінювання процесу сушіння зернової сировини було обрано кінцеву вологість зернової сировини  $W_k$ , %, та енерговитрати на привод віброозонуючого комплексу  $N$ , кВт·год, які характеризуються впливом чотирьох найбільш вагомих факторів, що визначають кінетику даної обробки: віброприскорення  $a$ ,  $\text{m/s}^2$  – як комплексний параметр динамічного стану вібросистеми; температуру сушильного агента  $T_{CA}$ , °C; концентрацію озону  $N_{O_3}$ ,  $\text{mg/m}^3$ , та час обробки  $t_o$ , хв.

$$W_k = f(a, T_{CA}, N_{O_3}, t_o), \quad (1)$$

$$N = f(a, T_{CA}, N_{O_3}, t_o), \quad (2)$$

де  $a$  – віброприскорення,  $\text{m/s}^2$ ;

$T_{CA}$  – температура сушильного агента, °C;

$N_{O_3}$  – концентрація озону,  $\text{mg/m}^3$ ;

$t_o$  – час обробки, хв.

Визначення впливу перерахованих вище факторів на параметри досліджуваного процесу під час здійснення однофакторних експериментів пов'язане зі значними труднощами та об'ємами робіт. Тому доцільніше виконати статистичний аналіз для одержання функціональної залежності у вигляді множинної регресії другого порядку за допомогою рототабельного центрально-композиційного планування (РЦКП) багатфакторного експерименту [1-2].

Вибір діапазонів варіювання факторів функцій (1), (2) проводився таким чином, щоб будь-яка їх сукупність, передбачена планом експерименту, могла бути реалізована в даних інтервалах і не призводила до протиріч. Для цього було здійснено пошукові експерименти для визначення областей, у яких необхідні сполучення рівнів факторів були б стійко реалізовані.

Таблиця 1. Рівні факторів та їх інтервали варіювання

Фактори	Рівні факторів					Інтервал варіювання
	- $\alpha$	-1	0	+1	+ $\alpha$	
Процес сушіння зернової сировини						
$x_1$ – віброприскорення, $\text{m/s}^2$	10	15	20	25	30	5
$x_2$ – температура сушильного агента, °C	45	50	55	60	65	5
$x_3$ – концентрація озону, $\text{mg/m}^3$	6	8	10	12	14	2
$x_4$ – час обробки, хв.	100	130	160	180	220	30

Усі фактори, які входять у функції (1), (2), є величинами, що мають різну розмірність, а значення цих величин факторів мають різні порядки. Тому, для отримання поверхні відгуку цих функцій було здійснено операцію кодування факторів, що являє собою лінійне перетворення факторного простору.

Встановлено такі значення рівнів факторів в умовному масштабі: мінімальний  $-1$ , середній  $0$ , максимальний  $+1$  та зіркові значення  $-\alpha$ ;  $+\alpha$ .

Таблиця 2. Значення розрахованих критеріїв до отриманих регресійних моделей

Критерій оцінки	Позначення критерію	Функція відгуку	
		W	N
Коефіцієнт детермінації;	$R^2$	0,94	0,9
Дисперсія адекватності	$S_{ад}$	64,74	5,7
Дисперсія відтворюваності	$S_{відт}$	880,62	933,4
Критерій Фішера	$F$	0,07	0,09
Критичне значення критерію Фішера, яке рівне значенню розподілу Фішера	$F_{\alpha, f_1, f_2}$	5,8 <sub>0,05;4;26</sub>	5,8 <sub>0,05;4;26</sub>

Після обробки експериментальних даних у статистичному середовищі STATISTICA 10.0 було отримано коефіцієнти комплексних рівнянь множинної регресії 2-го порядку та побудовано такі залежності:

– кінцева вологість зернової сировини від віброприскорення камери, температури сушильного агенту, концентрації озону та часу обробки:

$$W_k = 33,23 + 0,22a - 0,134T_{CA} - 0,627N_{O_3} - 0,074t_o - 0,001(a)^2 - 0,001(T_{CA})^2 - 0,015(N_{O_3})^2 - 0,011a \cdot N_{O_3} + 0,01T_{CA} \cdot N_{O_3} + 0,002N_{O_3} \cdot t_o \quad (3)$$

– енерговитрати на привод віброозонуючого комплексу від віброприскорення камери, температури сушильного агенту, концентрації озону та часу обробки:

$$N = 11,828 - 0,005a - 0,303T_{CA} - 0,335N_{O_3} - 0,011t_o + 0,001(a)^2 + 0,003(T_{CA})^2 + 0,01(N_{O_3})^2 + 0,001N_{O_3} \cdot t_o \quad (4)$$

За результатами проведених експериментів досліджень та випробувань розробленого віброозонуючого комплексу визначено оптимальні технологічні параметри його роботи, компромісне значення яких отримано методом Крамера в математичному середовищі «Mathcad 15».

Таблиця 3. Компромісні технологічні параметри досліджуваного процесу сушіння зернової сировини

Технологічний параметр	Раціональне значення
Віброприскорення, м/с <sup>2</sup>	18-21
Температура сушильного агенту, °C	53-57
Концентрація озону, мг/м <sup>3</sup>	9-11
Час обробки, хв.	155-165

### Література

1. Бондарь А.Г. Планирование эксперимента при оптимизации процессов химической технологии (алгоритмы и примеры) : учеб. пособие / А.Г. Бондарь, Г.А. Статюха, И.А. Потяженко– К. : Высш. школа, 1980. – 264 с.
2. Бойко Н.Г. Теория и методы инженерного эксперимента : курс лекций / Н.Г. Бойко, Т.А. Устименко. – Донецк : ДонНТУ, 2009. – 158 с.