

## ЗАСТОСУВАННЯ МАТНСАД ДЛЯ АНАЛІЗУ РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

**Боровик Л.В.<sup>1</sup>, Рудик О.Ю.<sup>2</sup>, Ружицький А.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Україна, Національна академія Державної прикордонної служби  
України ім. Б.Хмельницького.*

<sup>2</sup>*Україна, Хмельницький національний університет  
E-mail: [arudyk@rambler.ru](mailto:arudyk@rambler.ru)*

Сучасний науковий експеримент неможливо уявити без використання комп'ютерних технологій: це і комп'ютерна діагностика стану досліджуваного об'єкту, і машинна обробка даних експерименту, й автоматичне управління роботою технічних пристроїв, які реалізують експериментальні дії вченого. Віртуальне середовище з його інструментарієм може успішно використовуватися для моделювання реальних фізичних об'єктів з метою попереднього дослідження на моделі особливостей їх поведінки. Його застосування можливе і на теоретичному рівні наукового пізнання для висунення модельних гіпотез про суть фізичних явищ і попередньої перевірки цих гіпотез в чисельному комп'ютерному експерименті [1].

Основна мета планування експерименту — досягнення максимальної точності вимірювань при мінімальній кількості проведених дослідів і збереженні статистичної достовірності результатів.

Планування експерименту застосовується при пошуку оптимальних умов, побудові інтерполяційних формул, виборі значущих факторів, оцінці та уточненні констант теоретичних моделей тощо.

Методи планування експерименту дозволяють мінімізувати число необхідних випробувань, встановити раціональний порядок та умови проведення досліджень залежно від їх вигляду й необхідної точності результатів. Методи враховують випадковий характер розсіювання властивостей випробовуваних об'єктів і характеристик використовуюваного устаткування. Вони базуються на елементах теорії вірогідності та математичної статистики.

Планування експерименту включає ряд етапів, один з них — статистична обробка отриманих результатів, побудова математичної моделі поведінки досліджуваних характеристик.

Необхідність обробки викликана тим, що вибіркового аналізу окремих даних, поза зв'язком з рештою результатів, або ж некоректна

їх обробка можуть не тільки знизити цінність практичних рекомендацій, але й привести до помилкових висновків. Обробка результатів включає [2]:

- визначення довірчого інтервалу середнього значення та дисперсії (або середнього квадратичного відхилення) величин вихідних параметрів (експериментальних даних) для заданої статистичної надійності;

- перевірку на відсутність помилкових значень з метою виключення сумнівних результатів з подальшого аналізу (проводиться на відповідність одному із спеціальних критеріїв, вибір якого залежить від закону розподілу випадкової величини та обмежень);

- перевірку відповідності дослідних даних раніше апріорно введеному закону розподілу (залежно від цього підтверджуються вибраній план експерименту та методи обробки результатів, уточнюється вибір математичної моделі).

Можливості розглянутих вище математичних апаратів статистичної обробки масивів і планування експериментів значно розширюються, а тривалість обробки результатів досліджень скорочується при використанні сучасних комп'ютерних систем обробки даних. До таких програм відносять MathCad – могутній математичний редактор, який дозволяє проводити наукові та інженерні розрахунки з використанням принципу “що бачиш, то й отримаєш”. Наприклад, для виконання складних розрахунків достатньо ввести математичний вираз за допомогою вбудованого редактора формул й одразу одержати результат. Є можливість графічного представлення результатів. До складу MathCad входять декілька інтегрованих між собою компонентів: текстовий редактор; обчислювальний процесор, що виконує розрахунки по введених формулах з використанням чисельних методів; символний процесор, який є, по суті, системою штучного інтелекту; велика кількість довідкової інформації, як математичної, так й інженерної, оформленої у вигляді бібліотеки інтерактивних електронних книг.

Ми застосовували MathCad при дослідженні зносостійкості циліндричної трубки пневматичного амортизатора переднього моста автомобіля Mercedes-Benz W220 (використовували метод штучних баз: на робочу частину зразка мікротвердоміром ПМГ-3 наносили 24 лунки; результати вимірювання довжини діагоналі  $l$  відбитків алмазної піраміди позначали  $Q_i$ , де  $i \in (1-24)$ ). Для виявлення та виключення помилки обчислювали найбільше за абсолютним значенням нормоване відхилення. Задавались довірчою ймовірністю  $P = 0,95$  і з урахуванням  $q = 1 - P = 0,05$  і  $n = 24$  знаходили відповідне їй теоретичне значення  $v_q$ .

Помилкові виміри відкидали й повторювали обчислення для скороченої серії (рис. 1).

$i = 1..24$			
$q_1 = 15.82$	$q_7 = 15.84$	$q_{13} = 15.80$	$q_{19} = 15.81$
$q_2 = 15.86$	$q_8 = 15.88$	$q_{14} = 15.84$	$q_{20} = 15.87$
$q_3 = 15.92$	$q_9 = 15.93$	$q_{15} = 15.91$	$q_{21} = 15.91$
$q_4 = 15.94$		$q_{16} = 15.93$	
$q_5 = 15.94$	$q_{11} = 15.93$	$q_{17} = 15.95$	$q_{23} = 15.94$
$q_6 = 15.96$	$q_{12} = 15.95$	$q_{18} = 15.95$	$q_{24} = 15.94$

**Рис. 1 – Скорочена серія обчислень**

Далі перевіряли гіпотезу про нормальність розподілу залишених результатів вимірювання та робили висновок щодо її погодження з експериментальними даними:  $Q = 15,80 \pm 0,034$  ( $P = 0,95$ ,  $n = 22$ ).

Наступний етап застосування MathCad – аналіз результатів наукового експерименту: побудова математичної моделі, яка виконується у випадках, коли повинні бути одержані кількісні характеристики взаємозв'язаних вхідних і вихідних досліджуваних параметрів. Це — задача апроксимації, тобто вибору математичної залежності, яка найкращим чином відповідає експериментальним даним. Для цього застосовують регресійні моделі, засновані на розкладанні шуканої функції в ряд з утриманням одного (лінійна залежність, лінія регресії) або декількох (нелінійні залежності) членів розкладання (ряди Фур'є, Тейлора). Одним з методів підбору лінії регресії є широко поширений метод найменших квадратів [2].

Також для оцінки ступеня взаємозв'язаної факторів або вихідних параметрів проводять кореляційний аналіз результатів випробувань. Як міру взаємозв'язку використовують коефіцієнт кореляції: для незалежних або нелінійно залежних випадкових величин він рівний або близький до нуля, а його близькість до одиниці свідчить про цілковитий взаємозв'язок величин і наявність між ними лінійної залежності [2].

При обробці експериментальних даних, представлених у табличному вигляді, виникає потреба отримання проміжних значень. Для цього застосовують методи лінійної та нелінійної (поліноміальної) інтерполяції (визначення проміжних значень) та

екстраполяції (визначення значень, які лежать поза інтервалом зміни даних).

При дослідженні зносостійкості циліндричної трубки за допомогою MathCad застосовували апроксимацію результатів залежності зносу зразків від шляху тертя:

– рівнянням прямої лінії  $F(a, b, x) = a + bx$ ;

– вбудованими функціями *intercept*, *slope*, *linfit*, *linterp*( $v_x, v_y, x$ ), *pspline*, *cspline*, *interp*.

– поліномом 2-го ступеня  $y = a + bx + cx^2$ ;

– поліномом 7-го ступеня  $y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + a_4x^4 + a_5x^5 + a_6x^6 + a_7x^7$ .

Встановлено, що найкраще моделює результати дослідження зносостійкості апроксимація поліномом 7-го ступеня (рис. 2).

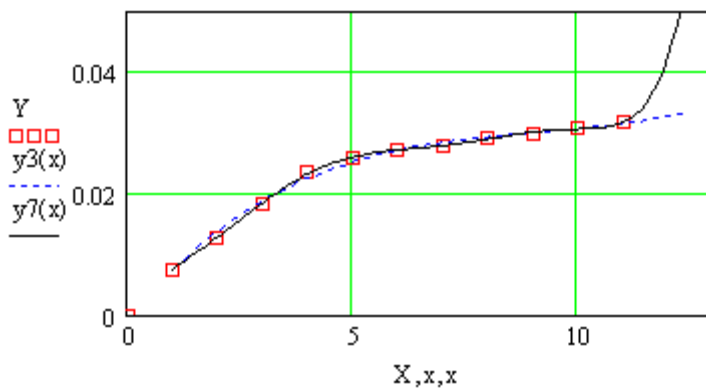


Рис. 2 – Апроксимація зносостійкості поліномом 7-го ступеня

## Література

1. Подготовка педагогических кадров к применению ИКТ в образовании [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cyberleninka.ru/article/v/uchebnyy-modul-uchebnyy-demonstratsionnyy-eksperiment-s-ispolzovaniem-tsor-dlya-distipliny-opd-f-04-teoriya-i-metodika-obucheniya-fizike>
2. Планирование эксперимента [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Планирование\\_эксперимента](https://ru.wikipedia.org/wiki/Планирование_эксперимента)