

ВАРІАТИВНІСТЬ ОБРОБКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ

Гуляєва Л. В.	канд. пед. наук, доцент, доцент кафедри фізики Національного університету «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна, <i>e-mail</i> : gulyaeva.ludmila.vlad@gmail.com ;
Толстов С. О.	студ. Національного університету «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна, <i>e-mail</i> : myevilpostcard@gmail.com ;
Скрипка О. С.	студ. Національного університету «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна, <i>e-mail</i> : skryпкаolexsandr@gmail.com

Вступ

Згідно «Стандарту вищої освіти» програмним результатом освітнього процесу в системі підготовки майбутніх інженерів для галузі знань 13 - «Механічна інженерія» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти є формування «вміння обирати і застосовувати придатні типові методи досліджень (аналітичні, розрахункові, моделювання, експериментальні); правильно інтерпретувати результати таких досліджень та робити висновки» [9, с. 8]. Даний програмний результат досягається в умовах формування загальних компетентностей щодо «здатності приймати обґрунтовані рішення, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт» [9, с. 6], а також спеціальних компетентностей для «критичного осмислення наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів, необхідних для професійної діяльності», «здатності застосовувати наукові та інженерні методи для вирішення типових та комплексних завдань за спеціалізацією» [9, с. 7]. В процесі освітньої діяльності не тільки в умовах професійної та практичної підготовки зі спеціальністю здійснюється виконання вимог щодо фахової підготовки майбутніх інженерів, але і в умовах вивчення фундаментальних дисциплін, зокрема, з дисципліни «фізика» в процесі виконання, наприклад, практичної частини програми.

Аналіз досліджень та публікацій

Ні в кого не викликає ніяких сумнівів в тому, що майбутній фахівець повинен, наприклад, розуміти та пояснювати недоліки та переваги лабораторних установок, різні методи інтерпретації експериментального дослідження тощо.

1. Вимірювання температурного коефіцієнту опору металу – поширене фізико-технічне завдання. Відома лабораторна установка для визначення температурного коефіцієнту опору металу включає наступне обладнання: прилад для вимірювання температурного коефіцієнту опору дрота, ампервольтвооммер АВО 63, комплект з'єднувальних провідників, чашу з водою, чашу зі льодом, спиртовий термометр для вимірювання температури води, штатив.

Для визначення температурного коефіцієнту опору металу за допомогою даної установки дотримуються наступної послідовності дій. В стакан наливають воду та охолоджують її льодом або снігом, температура яких $t = 0$ °С. При зниженні температури катушки до 0 °С вимірюють її опір $R_{0^{\circ}\text{C}}$. Потім холодну воду замінюють гарячою водою. Спостерігають за зміною температури катушки. Після встановлення температури вимірюють її опір $R_{t^{\circ}}$. Дослід повторюють декілька раз при різних температурах суміші холодної та гарячої води. Недоліками даної установки є наступне, а саме: ціна поділки термометра не дає можливості точно виміряти температуру мідного дрота, є певні складності зі зберіганням достатньої кількості льоду або снігу, необхідно мати декілька посудин для проведення експерименту, обмежені можливості дослідити зміну опору провідника при його нагріванні та охолодженні.

Деякі автори [6] застосовують гарячу воду і фіксують показання температури та опору під час охолодження метала.

В навчальній літературі розроблені загальні пояснення відносно обробки експериментальних даних під час виконання лабораторного практикуму. Температурний коефіцієнт опору метала розраховують для кожного дослідів за наступною формулою

$$\alpha = \frac{R_{t^{\circ}} - R_{0^{\circ}\text{C}}}{R_{0^{\circ}\text{C}} \cdot t^{\circ}}$$

Зазвичай, визначають середнє значення будь-якої досліджуваної фізичної величини, а значення температурного коефіцієнту опору мідного дрота не є винятком. Після обчислення середнього значення досліджуваної фізичної величини порівнюють її з табличним значенням. Шляхом порівняння розрахункового і табличного значень температурного коефіцієнту опору дрота оцінюють точність експериментального методу його визначення.

В інших джерелах пропонують межі абсолютної та відносної похибки вимірювань оцінити за відомими формулами для непрямих вимірювань.

2. Для обчислення [6] температурного коефіцієнту опору пропонують застосувати метод найменших квадратів; абсолютну та відносну похибки розраховують за формулами для непрямих вимірювань. Формулу залежності опору провідника від температури записують наступним чином

$$R = R_0(1 + \alpha t^\circ) = R_0 + At.$$

Далі будують графік залежності $R(t^\circ)$ з кутовим коефіцієнтом A . Графік відсікає на осі ординат відрізок R_0 . Температурний коефіцієнт опору розраховують за формулою $\alpha = A/R_0$.

3. Деякі автори [7, 8] пояснюють питання щодо обчислення температурного коефіцієнту опору метала згідно геометричного розуміння похідної, а саме: похідна дорівнює тангенсу кута нахилу графіка залежності $R(t^\circ)$

$$\frac{dR}{dt^\circ} = R_0\alpha, \quad \tan \varphi = R_0\alpha \quad \Rightarrow$$

$$\alpha = \frac{1}{R_0} \tan \varphi.$$

В даних обчисленнях (див. п. 2, 3) температурного коефіцієнту опору метала є суттєві похибки у визначенні і кута нахилу графіка залежності $R(t^\circ)$ і точки перетину експериментальної прямої з віссю ординат, що без сумніву значно впливає на кінцевий результат експерименту.

4. В електронних ресурсах [2] знаходимо також пояснення щодо визначення температурного коефіцієнту опору метала за допомогою містка Уїтстона.

5. Науковці [3, 4, 10, 11] акцентують увагу та виділяють графічний та аналітичний методи щодо обробки експериментальних даних з різних розділів курсу фізики. Існують комп'ютерні симуляції [12], які дозволяють виконати завдання лабораторного практикуму та обробити отримані дані графічним та аналітичним методами.

Аналітичний метод щодо визначення температурного коефіцієнту опору метала полягає у визначенні експериментального параметру k та проведенні експериментальної прямої $y = kx + b$.

Значення експериментального параметру k (температурного коефіцієнту опору метала) визначають за наступною формулою

$$\alpha = k = \frac{\langle xy \rangle}{\langle x^2 \rangle},$$

де

$$\langle x^2 \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2, \quad \langle xy \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i y_i.$$

При графічному методі обробки експериментальних даних необхідно провести експериментальну пряму $y = kx + b$. В обраній нами системі координат на осях Ox та Oy відкладають значення допоміжних величин - x та y . Для вибраних нами координат кутовий коефіцієнт експериментальної прямої дорівнює температурному коефіцієнту опору метала. Температурний коефіцієнт опору метала розраховують за формулою

$$\alpha = k = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

Далі виникає питання обґрунтування лінійної залежності щодо визначення температурного коефіцієнту опору метала, яке, на жаль, недостатньо обґрунтовано в лабораторному практикумі і вчителями загальноосвітніх навчальних закладів, і викладачами вищих навчальних закладів. Аналіз різноманітних методичних джерел свідчить про те, що дане питання є досить актуальним і сьогодні.

Мета роботи

З'ясувати варіативні можливості графічного та аналітичного методів обробки результатів експерименту під час виконання лабораторного практикуму щодо дослідження температурного коефіцієнту опору метала під час навчання майбутніх інженерів з дисципліни «фізика».

Виклад основного матеріалу та аналіз отриманих результатів

З'ясування варіативних можливостей графічного та аналітичного методів обробки результатів експерименту під час виконання лабораторного практикуму щодо дослідження температурного коефіцієнту опору метала

під час навчання майбутніх інженерів з дисципліни «фізика» доцільно проводити у декілька етапів під час виконання:

- домашньої самостійної роботи;
- аудиторної роботи щодо проведення експериментального дослідження та підготовки звіту про його виконання.

Самостійна робота майбутніх інженерів

I Завдання для самостійної роботи майбутніх інженерів

Завдання для самостійної роботи відповідають наступній дидактичній меті, а саме:

«Завдання 1. Дати відповіді на теоретичні запитання» необхідні для введення майбутніх інженерів в понятійно-термінологічне поле щодо усвідомлення ними закономірностей залежності опору провідника від температури;

«Завдання 2. Розв'язати задачі» допомагають зрозуміти майбутнім інженерам сенс теоретичного обґрунтування лінійної залежності щодо визначення температурного коефіцієнту опору метала та здійснити планування варіативних можливостей графічного та аналітичного методів обробки результатів експерименту під час виконання лабораторного практикуму, зокрема, з даної теми дослідження.

Завдання 1. Дати відповіді на теоретичні запитання

1. Що розуміють під терміном «опір провідника»?
2. Від яких величин залежить електричний опір провідника?
3. Пояснити запис, який подано в довідковій таблиці: «Питомий опір міді дорівнює $0,0172 \text{ (Ом} \cdot \text{мм}^2\text{)/м}$ ».
4. Чому збільшується опір металів при підвищенні температури?
5. В якому русі приймають участь електрони в металах?
6. Що розуміють під відносною зміною опору провідника?
7. Що розуміють під термічним коефіцієнтом опору матеріалу провідника?
8. Пояснити запис, який подано в довідковій таблиці: «Температурний коефіцієнт опору міді дорівнює $0,0043 \text{ К}^{-1}$ ».
9. Чи можна використовувати наступний запис « $\Delta T = \Delta t^\circ$, де $[\Delta T] = \text{K}$, $[\Delta t^\circ] = \text{°C}$ »?
10. Порівняти термічні коефіцієнти опору металевих провідників (див. рис. 1).

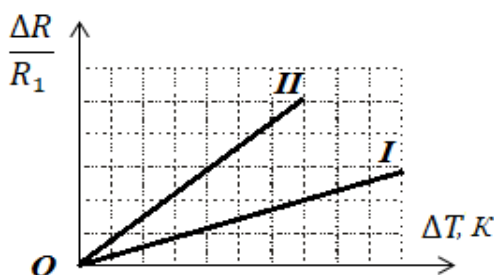


Рис. 1. Залежність відносною зміни опору провідника від зміни його температури

Завдання 2. Розв'язати задачі.

Задача 1. Температура розжарення вольфрамової нитки електричної лампи з опором 600 Ом становить 2530 °С. Обчислити її опір при температурі 0 °С. Термічний коефіцієнт опору матеріалу провідника дорівнює $0,0048 \text{ К}^{-1}$.

Задача 2. Опір платиного провідника при температурі 20 °С становить 20 Ом, а при температурі 500 °С - 59 Ом. Визначити за цими даними термічний коефіцієнт опору матеріалу провідника.

Задача 3. Внаслідок нагрівання провідника від 0 °С до 400 °С його опір став складати 250 % від початкового. Визначити за цими даними термічний коефіцієнт опору матеріалу провідника.

III. Планування варіативних можливостей графічного та аналітичного методів обробки результатів експерименту під час виконання лабораторного практикуму щодо визначення температурного коефіцієнту опору метала

Для розв'язання кожної задачі майбутні інженери повинні отримати робочу формулу з метою

- проведення відповідних розрахунків згідно умови задач;
- усвідомлення можливих шляхів теоретичного обґрунтування лінійної залежності щодо визначення температурного коефіцієнту опору метала.

Отримання робочої формули під час розв'язання другої задачі домашньої самостійної роботи дає можливість розглянути перший спосіб теоретичного обґрунтування лінійної залежності щодо визначення температурного коефіцієнту опору металу.

При графічному методі обробки експериментальних даних необхідно відоме рівняння

$$R = R_0(1 + \alpha \Delta t^\circ)$$

застосувати для двох станів металевого дрота при різних температурах та записати наступну систему рівнянь

$$\begin{cases} R_1 = R_0(1 + \alpha \Delta t_1^\circ), \\ R_2 = R_0(1 + \alpha \Delta t_2^\circ). \end{cases}$$

Виключити із записаної вище системи рівнянь опір провідника (R_0) при температурі $t_0 = 0^\circ\text{C}$ та отримати вираз для температурного коефіцієнту опору металу наступним чином

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{1 + \alpha \Delta t_1^\circ}{1 + \alpha \Delta t_2^\circ}$$

$$\Delta t_1^\circ = t_1^\circ - t_0^\circ = t_1^\circ - 0^\circ\text{C} = t_1^\circ$$

та

$$\Delta t_2^\circ = t_2^\circ - t_0^\circ = t_2^\circ - 0^\circ\text{C} = t_2^\circ.$$

Записати формулу для визначення температурного коефіцієнту опору металу

$$\alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1 t_2^\circ - R_2 t_1^\circ}$$

а потім звести це рівняння до лінійної залежності $y = kx + b$ та записати його наступним чином

$$R_2 - R_1 = \alpha(R_1 t_2^\circ - R_2 t_1^\circ).$$

Отже, можемо прийняти наступне для нашого дослідження

$$y = kx,$$

$$\text{де } y = R_2 - R_1, \quad k = \alpha, \quad x = R_1 t_2^\circ - R_2 t_1^\circ.$$

А тепер запишемо формули для визначення значень допоміжних величин – x , y , k , b для побудови графіка лінійної залежності типу $y = kx + b$

$$y = R_n - R_1, \quad x = R_1 \cdot t_n^\circ - R_n \cdot t_1^\circ,$$

$$k = \alpha, \quad b = 0.$$

Будемо вважати, що R_1 - опір провідника при температурі t_1° , а опір R_n - опір від R_2 до R_{11} при температурах t_n° (від t_2° до t_{11}°).

Отримання робочої формули під час розв'язання третьої задачі домашньої самостійної роботи дає можливість розглянути другий та третій способи теоретичного обґрунтування лінійної залежності щодо визначення температурного коефіцієнту опору металу.

Розглянемо другий спосіб теоретичного обґрунтування лінійної залежності щодо визначення температурного коефіцієнту опору металу.

При графічному методі обробки експериментальних даних необхідно рівняння

$$R = R_0(1 + \alpha \Delta T)$$

застосувати для двох станів металевого дрота при різних температурах та записати наступну систему рівнянь

$$\begin{cases} R_1 = R_0(1 + \alpha\Delta t_1^\circ) \\ R_2 = R_0(1 + \alpha\Delta t_2^\circ) \end{cases}'$$

Дану систему рівнянь розв'яжемо методом підстановки та отримаємо наступний вираз

$$R_2 = R_0(1 + \alpha\Delta t_2^\circ) = \frac{R_1}{1 + \alpha\Delta t_1^\circ}(1 + \alpha\Delta t_2^\circ),$$

$$R_2 = \frac{R_1(1 + \alpha\Delta t_2^\circ) \cdot (1 - \alpha\Delta t_1^\circ)}{(1 + \alpha\Delta t_1^\circ) \cdot (1 - \alpha\Delta t_1^\circ)} = \frac{R_1(1 - \alpha\Delta t_1^\circ + \alpha\Delta t_2^\circ - \alpha^2\Delta t_1^\circ\Delta t_2^\circ)}{1 - \alpha^2(\Delta t_1^\circ)^2}.$$

Врахуємо, що

$$\alpha^2 \ll (\Delta t_1^\circ)^2 \quad \text{та} \quad \alpha^2 \ll \Delta t_1^\circ\Delta t_2^\circ$$

і тому

$$\alpha^2(\Delta t_1^\circ)^2 \rightarrow 0 \quad \text{та} \quad \alpha^2\Delta t_1^\circ\Delta t_2^\circ \rightarrow 0$$

і тоді отримаємо наступне рівняння

$$\frac{R_2}{R_1} - 1 = \alpha(t_2^\circ - t_1^\circ),$$

яке можна звести до лінійної залежності типу $y = b + kx$ та записати формули для визначення значень допоміжних величин x, y, k, b для побудови графіка лінійної залежності типу $y = kx + b$.

$$y = \frac{R_n}{R_1} - 1, \quad x = \Delta T, \quad k = \alpha, \quad b = 0.$$

Вважати, що R_1 - опір провідника при температурі t_1° , а опір R_n - опір від R_2 до R_{11} при температурах t_n° (від t_2° до t_{11}°); $\Delta T = T_n - T_1 = t_n^\circ - t_1^\circ$.

Розглянемо третій спосіб теоретичного обґрунтування лінійної залежності щодо визначення температурного коефіцієнту опору метала.

Проаналізуємо визначення термічного коефіцієнту опору матеріала провідника, яке подано в навчальній літературі з фізики. «Коефіцієнт пропорційності між відносним приростом опору провідника $((R_2 - R_1)/R_1)$ та зміною його температури $(t_2^\circ - t_1^\circ)$ позначають α та називають термічним коефіцієнтом опору матеріала провідника.

$$\alpha = \frac{\Delta R}{R_1} \cdot \frac{1}{\Delta T}.$$

Ми можемо дане рівняння звести до лінійної залежності типу $y = b + kx$ та записати його наступним чином

$$\frac{\Delta R}{R_1} = \alpha\Delta T.$$

Запишемо формули для визначення значень допоміжних величин x, y, k, b для побудови графіка лінійної залежності типу $y = kx + b$.

$$y = \frac{\Delta R}{R_1}, \quad x = \Delta T, \quad k = \alpha, \quad b = 0.$$

Вважати, що $\Delta R = R_n - R_1$, де R_1 – опір провідника при температурі t_1° , а опір R_n – о пір від R_2 до R_{11} при температурах t_n° (від t_2° до t_{11}°); $\Delta T = t_n^\circ - t_1^\circ$.

Зауваження! Формули для визначення значень допоміжних величин x, y, k, b для теоретичного обґрунтування лінійної залежності щодо визначення температурного коефіцієнту опору метала можна отримати, якщо пригадати, вираз, який ми отримали за другим способом

$$\frac{R_2}{R_1} - 1 = \frac{R_2 - R_1}{R_1} = \frac{\Delta R}{R_1} = \alpha(t_2^\circ - t_1^\circ) \Rightarrow$$

$$\frac{\Delta R}{R_1} = \alpha \Delta T.$$

А тепер систематизуємо формули для визначення значень допоміжних величин x , y , k , b (див. табл. 1) для побудови графіка лінійної залежності типу $y = kx + b$.

Таблиця 1 – Варіативне обґрунтування лінійної залежності щодо визначення температурного коефіцієнту опору метала

<i>Перший спосіб</i>	
$y = R_n - R_1, \text{ Ом}$	$x = R_1 \cdot t_n^\circ - R_n \cdot t_1^\circ, \text{ Ом} \cdot \text{К}$
$k = \alpha, \text{ К}^{-1}$	$b = 0$
<i>Другий спосіб</i>	
$y = \frac{R_n}{R_1} - 1$	$x = \Delta T, \text{ К}$
$k = \alpha, \text{ К}^{-1}$	$b = 0$
<i>Третій спосіб</i>	
$y = \frac{\Delta R}{R_1}$	$x = \Delta T, \text{ К}$
$k = \alpha, \text{ К}^{-1}$	$b = 0$

Аудиторна робота майбутніх інженерів

IV Планування та проведення експерименту щодо визначення температурного коефіцієнту опору метала

Доцільно провести аналіз існуючих методів проведення експерименту згідно різноманітних джерел інформації; відповідно до наявного обладнання вдосконалити експериментальне дослідження; запропонувати майбутнім інженерам продумати власний план проведення експерименту, підготувати установку тощо. За браком часу в роботі було використане відоме лабораторне обладнання.

Аналіз значень допоміжних величин x , y , k , b щодо варіативного обґрунтування лінійної залежності для визначення температурного коефіцієнту опору метала (див. табл. 1) свідчить про те, що необхідно виміряти опір провідника за різних температур. Для проведення експерименту була використана камера мобільного телефону.

V Підготовка звіту про виконання експериментального дослідження щодо визначення температурного коефіцієнту опору метала

Зауваження! Звіт про виконання експериментального дослідження бажано підготувати згідно трьох способів варіативного обґрунтування лінійної залежності щодо визначення температурного коефіцієнту опору метала.

Для обробки експериментальних даних аналітичним та графічним методами щодо визначення температурного коефіцієнту опору метала скористаємось можливістю функції аналітичності програми Microsoft Office.

Спочатку розглянемо аналітичний метод, а потім графічний метод визначення температурного коефіцієнту опору метала.

Аналітичний метод визначення температурного коефіцієнту опору метала

На рисунку 2 подано приклад оброблення результату експерименту аналітичним методом за відомими формулами, які подані вище, згідно першого варіативного способу обґрунтування лінійної залежності щодо визначення температурного коефіцієнту опору метала.

Графічний метод визначення температурного коефіцієнту опору метала

Ідея графічного методу обробки експериментальних даних була зазначена вище. На рисунку 3 подана графічна візуалізація визначення температурного коефіцієнту опору метала

За відомими методичними рекомендаціями [3, 4, 11] обчислили абсолютну та відносну похибки проведеного експериментального дослідження (див. табл. 3).

$x = 91,4 \cdot t_n - R_n \cdot 42$							
$t, ^\circ\text{C}$	R_n	$^\circ\text{C} \cdot \text{Ом}$	Ом				
Ом	x	$y = R_n - 91,4$	x^2	y^2	xy	$k = \frac{\langle xy \rangle}{\langle x^2 \rangle}$	0,004267078
42	91,4	0	0	0	0		
43	91,7	78,8	0,3	6209,44	0,09	23,64	
44	92,1	153,4	0,7	23531,6	0,49	107,38	$\sigma_k = \frac{1}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{\frac{D(y)}{D(x)} - k^2}$
45	92,5	228	1,1	51984	1,21	250,8	8,17257E-05
46	92,8	306,8	1,4	94126,2	1,96	429,52	
47	93,2	381,4	1,8	145466	3,24	686,52	
48	93,5	460,2	2,1	211784	4,41	966,42	
49	93,7	543,2	2,3	295066	5,29	1249,36	
50	94,1	617,8	2,7	381677	7,29	1668,06	$\epsilon_k = \frac{\sigma_k}{k} \cdot 100\%$
51	94,4	696,6	3	485252	9	2089,8	1,915260992
52	94,7	775,4	3,3	601245	10,89	2558,82	
середнє		385,6	1,7	208758	3,9881818	911,8473	

Рис. 2. Результат експерименту оброблено аналітичним методом згідно першого варіативного способу обґрунтування лінійної залежності щодо визначення температурного коефіцієнту опору метала

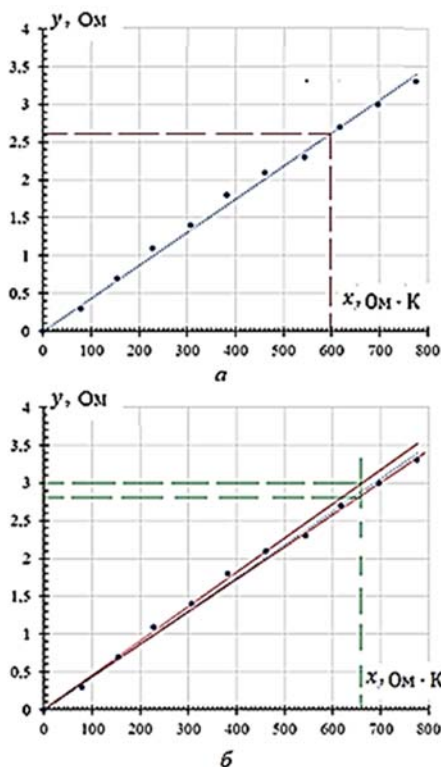


Рис. 3. Графічна візуалізація щодо визначення температурного коефіцієнту опору метала згідно першого варіативного способу обґрунтування лінійної залежності

Таблиця 3 – Графічний спосіб щодо визначення температурного коефіцієнту опору метала згідно першого варіативного способу обґрунтування лінійної залежності

№	Результати обробки експериментальних даних графічним методом
п/п	
1	Кутовий коефіцієнт нахилу експериментальної прямої $\bar{\alpha} = k = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{2,6}{600} = 0,00433 \text{ (K}^{-1}\text{)}.$
2	Півширина довірчого інтервалу щодо визначення температурного коефіцієнту опору метала $\Delta \alpha = \frac{\delta \alpha}{\sqrt{n}} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ (K}^{-1}\text{)}.$
3	Відносна похибка щодо визначення температурного коефіцієнту опору метала $\epsilon_\alpha = \frac{\Delta \alpha}{\bar{\alpha}} \cdot 100\% = 1,2 \text{ \%}.$
4	Результат визначення температурного коефіцієнту опору метала $\alpha = \bar{\alpha} \pm \Delta \alpha = (4,33 \pm 0,05) \cdot 10^{-3} \text{ (K}^{-1}\text{)}$

Обробку результату експерименту аналітичним, графічним методами згідно другого та третього варіативних способів обґрунтування лінійної залежності щодо визначення температурного коефіцієнту опору метала можна провести аналогічно.

Загальний результат проведеного експериментального дослідження щодо визначення температурного коефіцієнту опору метала згідно першого варіативного способу обґрунтування лінійної залежності типу $y = kx + b$ подано в таблиці 4.

Таблиця 4 – Результат експерименту щодо визначення температурного коефіцієнту опору метала з використанням середовища Excel

Результат щодо розрахунку температурного коефіцієнту опору метала аналітичним методом			
$\bar{\alpha}, K^{-1}$	$\Delta\alpha, K^{-1}$	$\epsilon_{\alpha}, \%$	$\alpha = \bar{\alpha} \pm \Delta\alpha, K^{-1}$
0,00427	0,00008	1,9	$(4,27 \pm 0,08) \cdot 10^{-3}$
Рівняння експериментальної прямої			
$y = 0,00427x$			
Результат щодо розрахунку температурного коефіцієнту опору метала графічним методом			
$\bar{\alpha}, K^{-1}$	$\Delta\alpha, K^{-1}$	$\epsilon_{\alpha}, \%$	$\alpha = \bar{\alpha} \pm \Delta\alpha, K^{-1}$
0,00433	0,00005	1,2	$(4,33 \pm 0,05) \cdot 10^{-3}$
Рівняння експериментальної прямої			
$y = 0,00433x$			

VI Висновок до проведеного дослідження щодо визначення температурного коефіцієнту опору метала згідно першого варіативного способу обґрунтування лінійної залежності

В даній роботі лабораторного практикуму було проведено експериментальне дослідження щодо визначення температурного коефіцієнту опору метала з використанням середовища Excel.

Кількість проведених дослідів дорівнює одинадцяти.

Аналітичний метод обробки експериментальних даних дає наступний результат

$$\alpha = \bar{\alpha} \pm \Delta\alpha = (4,27 \pm 0,08) \cdot 10^{-3} (K^{-1}).$$

Відносна похибка дорівнює

$$\epsilon_{\alpha} = 1,9 \%$$

Обробка результатів вимірювання геометричним методом дала наступну відповідь

$$\alpha = \bar{\alpha} \pm \Delta\alpha = (4,33 \pm 0,05) \cdot 10^{-3} (K^{-1}).$$

Відносна похибка дорівнює

$$\epsilon_{\alpha} = 1,2 \%$$

Результат щодо розрахунку температурного коефіцієнту опору збігається з табличними даними $\alpha = 0,0043 K^{-1}$.

Висновки

1. В статті розглянуті варіативні можливості обробки результатів експерименту під час виконання лабораторного практикуму щодо дослідження температурного коефіцієнту опору метала під час навчання майбутніх інженерів з дисципліни «фізика».

2. В дослідженні з'ясовано, що по-перше, можна здійснили варіативне (трьома способами) обґрунтування лінійної залежності щодо визначення температурного коефіцієнту опору метала; по-друге, результати експерименту обробили графічним та аналітичним методами. В результаті за даними одного експериментального дослідження отримали шість відповідей. Такий підхід дає можливість формувати у майбутніх інженерів компетентності згідно програмних результатів освітнього процесу в системі підготовки майбутніх інженерів для галузі знань 13 - «Механічна інженерія» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, саме: «вміння обирати і застосовувати придатні типові методи досліджень (аналітичні, розрахункові, моделювання, експериментальні); правильно інтерпретувати результати таких досліджень та робити висновки».

3. Формулювання результатів навчання з фундаментальної (фізичної) підготовки в аспекті практичного спрямування освітнього процесу майбутніх інженерів сприяє поглибленню теоретичних знань з фізики, форму-

ванню цілісної системи знань, усвідомленню значення набутих знань для фахового їхнього зростання.

4. Проведене дослідження не вичерпує всі аспекти впровадження варіативних можливостей в контексті фахової підготовки майбутніх інженерів.

5. Отримані результати можуть бути використані для збагачення освітнього процесу з дисципліни «фізика» щодо підвищення практичного спрямування навчання фізики з метою поглиблення теоретичних знань майбутніх інженерів.

Список літератури

1. Андреев А. М. Фізика. Лабораторні роботи з творчими завданнями : навчальний посібник / Андреев А. М., Осипов О. Ю. – Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2012. – 228 с.
2. Вимірювання температурного коефіцієнту опору металів. – [Електронний ресурс] – Режим доступу. – <https://naurok.com.ua/laboratorna-robota-vimiryuvannya-temperaturnogo-koeficienta-oporu-metaliv-75197.html>.
3. Лабораторные занятия по физике : учебное пособие / Гольдин Л. Л., Игошин Ф. Ф., Козел С. М. и др. ; под ред. Л. Л. Гольдина. – М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 704 с.
4. Гуляева Л. В. Самостійна робота студентів під час виконання лабораторних робіт: практичний аспект. – Наукові записки. Ред. кол. : В. Ф. Черкасов, В. В. Радул, Н. С. Савченко та ін. – Вип. 179. – Серія : Педагогічні науки. – Кропивницький : РВВ ЦДПУ ім. В. Винниченка, 2019. – С. 130–135.
5. Закон України «Про вищу освіту». – [Електронний ресурс] – Режим доступу. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1556-18>
6. Измерение температурного коэффициента сопротивления меди. – [Електронний ресурс] – Режим доступу. – http://rl.odessa.ua/media/For_Liceistu/Physics/Labs_11F/4-05_Thermal_Coeff_of_Resisnance.pdf.
7. Изучение зависимости сопротивления металлов от температуры. – [Електронний ресурс] – Режим доступу. – https://physics.nmu.org.ua/ua/To_students/Day_mode_of_study/Methodical_instructions_to_laboratory_works/Solid_state_physics/6_2_ru.pdf.
8. Методичні вказівки до лабораторного практикуму з фізики. Розділ «Фізика твердого тіла». Частина 1. Для студентів інженерно-технічних спеціальностей денної форми навчання / Укладачі : В. Г. Корніч, С. В. Лоскутов, С. П. Луцин, В. К. Манько, С. В. Сейдаметов, Б. О. Серпецький. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2019. – 74 с.
9. Стандарт вищої освіти України для першого (бакалаврського) рівня галузі знань 13 – Механічна інженерія, спеціальності 136 – Металургія. Затверджений наказом Міністерства освіти і науки України від 04.10.2018 р. № 1072 – [Електронний ресурс] – Режим доступу. – <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/12/21/136-metalurgiya-bakalavr.pdf>.
10. Сквайрс Дж. Практическая физика / Сквайрс Дж. ; пер. с англ. под ред. Е. М. Лейкина. – М. : Мир, 1971. – 246 с.
11. Соколов Є. П. Пошук фізичних закономірностей: навчальний комплекс / Соколов Є. П., Лозовенко О. А., – Запоріжжя : Видавничий дім «Гельветика», 2021. – 182с.
12. Татарчук Т. В. Комп'ютерна симуляція для виконання лабораторної роботи «Вивчення законів постійного струму» / Татарчук Т. В., Печерський М. В. Тиждень науки-21. Тези доповідей науково-практичної конференції, Запоріжжя, 19–23 квітня 2021 р. [Електронний ресурс] / Редкол. : В. В. Наумик (відпов. ред.) Електрон. дані. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021. – С. 222–225.

Одержано 10.12.2022

VARIABILITY OF EXPERIMENTAL DATA PROCESSING LABORATORY PRACTICUM

- | | |
|-------------|--|
| Hulyaeva L. | PhD (pedagogy) Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Physics of National University “Zaporizhzhia Polytechnic”, Zaporizhzhia, Ukraine, <i>e-mail: gulyaeva.ludmila.vlad@gmail.com;</i> |
| Tolstov S. | Student, National University “Zaporizhzhia Polytechnic”, Zaporizhzhia, Ukraine, <i>e-mail: myevilpostcard@gmail.com;</i> |
| Skrypka O. | Student, National University “Zaporizhzhia Polytechnic”, Zaporizhzhia, Ukraine <i>e-mail: skrypkaolexsandr@gmail.com</i> |