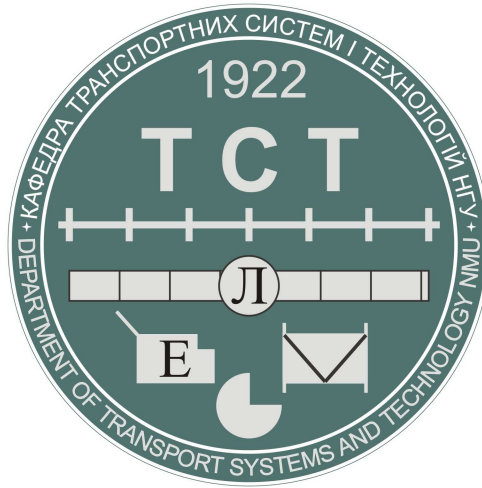


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»



ГІРНИЧИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
Кафедра транспортних систем і технологій

ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ.

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ  
ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**

студентами напряму підготовки 050301 Гірництво

Дніпропетровськ  
НГУ  
2013

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»



ГІРНИЧИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
Кафедра транспортних систем і технологій

ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ  
ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

студентами напрямку підготовки 6.050301 Гірництво

Дніпропетровськ  
НГУ  
2013

Транспортні системи гірничих підприємств. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентами напряму підготовки 6.050301 / Є.А. Коровяка, В.О. Расцветаєв, В.В. Яворська. – Д.: Національний гірничий університет, 2013 – 32 с.

Автори:

Є.А. Коровяка, канд. техн. наук, доцент (лабораторна робота 1, 2);

В.О. Расцветаєв, канд. техн. наук, доцент (лабораторна робота 3, 4);

В.В. Яворська (програмне забезпечення для лабораторних робіт 1...4).

Затверджено до видання редакційною радою Державного ВНЗ «НГУ» (протокол № 2 від 02.07.2013) за поданням методичної комісії напряму підготовки 6.050301 Гірництво (протокол № 2 від 25.03.2013).

Подано методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Транспортні системи гірничих підприємств». Викладено матеріал, який допоможе активізувати виконавчий етап пізнавальної діяльності студентів під час виконання лабораторних робіт.

Призначено для студентів напряму підготовки 050301 Гірництво.

Відповідальний за випуск завідувач кафедри транспортних систем і технологій, д-р техн. наук, проф. Л.Н. Ширін.

## ПЕРЕДМОВА

Підземний транспорт гірничих підприємств є складовою частиною основного виробничого процесу – видобутку корисних копалин.

Розробка і впровадження прогресивних технологій видобутку вугілля і комплексна механізація гірничих робіт вимагає постійного вдосконалення існуючих схем і засобів, а також формування потокових транспортних систем на базі відповідних високопродуктивних комплексів.

Транспортною системою гірничих підприємств називають сукупність взаємопов'язаних транспортних комплексів і ланок, об'єднаних однією метою і загальним алгоритмом їх функціонування.

Згідно з призначенням шахтний транспорт поділяють на такі види: зовнішній і внутрішній (внутрішньошахтний).

Зовнішній вид транспорту забезпечує вивіз корисних копалин з території гірничого підприємства до споживача або місць переробки (ЦЗФ) та доставку обладнання і матеріалів від заводів-виробників.

До зовнішнього виду транспорту відносять залізничний, а також конвеєрний, автомобільний, канатно-підвісний та ін.

Внутрішньошахтний (рудниковий) вид транспорту призначений для переміщення у підземних гірничих виробках та на поверхні (у межах гірничого підприємства) корисних копалин і різного роду вантажів (кріпильних матеріалів, вибухових, закладних матеріалів, обладнання, породи і т.ін.), а також для перевезення людей.

Залежно від місця роботи внутрішньошахтний вид транспорту поділяють на підземний (забійний, дільничний, магістральний та приствольний дворів) і поверхневий (перевезення породи від стволів до пунктів завантаження в засоби зовнішнього транспорту, складів, відвалів та ін.).

На вугільних шахтах основним видом підземного транспорту є локомотивний і конвеєрний, менше – гідравлічний і гравітаційний.

На рудних шахтах – локомотивний, самохідний, скреперний і гравітаційний, впроваджується також конвеєрний.

На поверхні шахт застосовують усі види транспорту, але переважно конвеєрний і гравітаційний.

До основних функцій внутрішньошахтного виду транспорту відносять:

- доставку людей, матеріалів і обладнання до очисних і підготовчих вибоїв;
- перевезення вантажів, людей від забоїв до поверхні;
- транспортування корисних копалин, матеріалів та обладнання на поверхні гірничого підприємства.

# ВИМІРЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН ТА ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ЛАБОРАТОРНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

## Фізичні величини

**Фізична величина** – це ознака, яка в якісному відношенні загальна для багатьох фізичних об'єктів, а в кількісному – індивідуальна для кожного з об'єктів. Наприклад, маса, довжина, температура та ін.

**Розмірність фізичної величини** – це відношення, яке відображує зв'язок відповідної величини з основними величинами системи одиниць, в якому коефіцієнт належності дорівнює одиниці. Не варто замість терміну "розмірність" застосовувати термін "величина", наприклад, "величина сили", "величина тиску", оскільки ці властивості (сила, тиск) самі є величинами.

**Значення фізичної величини** – це оцінка фізичної величини у вигляді деякого числа прийнятих для неї одиниць. Наприклад, 10 м – значення довжини деякого тіла, 5 кг – значення маси деякого тіла. Обернене число, що входить у значення фізичної величини (10 і 5 у наведених прикладах), називається числовим значенням.

Значення фізичної величини, яке знайдене експериментальним шляхом і настільки наближене до її дійсного значення, тобто відповідає даній меті, може бути використано замість нього.

**Дійсне значення фізичної величини** – це таке, яке ідеальним чином відображало б в якісному і кількісному відношеннях відповідну властивість об'єкта. Дійсне значення фізичних величин, як правило, невідоме.

## Завдання вимірювань

Під вимірюванням фізичної величини розуміють процес знаходження її значення дослідним шляхом за допомогою спеціальних технічних приладів.

Вимірювання можливо лише у тому разі, якщо для кожної фізичної величини вибрані відповідні одиниці виміру. В результаті вимірювання ми дізнаємося, у скільки разів вимірювана величина більше або менше відповідної величини, прийнятої за одиницю.

Одиниця фізичної величини – це число, якому за визначенням привласнено значення, що дорівнює 1.

Жодне вимірювання не може бути виконано абсолютно точно. А тому в процесі вимірювань ми завжди одержуємо значення фізичної величини з деякою похибкою. Таким чином, у завдання вимірювань входить не тільки знаходження значення фізичної величини, але й оцінка допущеної при цьому похибки.

**Пряме вимірювання** – це таке, коли шукане значення величини знаходять безпосередньо з дослідних даних. Наприклад, вимірювання величини каси на рівноплечих вагах, температури – термометром.

**Непряме вимірювання** – це таке, коли шукане значення величини знаходять за допомогою відомої залежності між нею і величинами, що підлягають прямим вимірюванням. Наприклад, знаходження густини тіла за

його масою і геометричними розмірами.

### Типи похибок

**Систематичними називають похибки**, величина яких однакова у всіх вимірюваннях, що проводяться одним і тим самим методом за допомогою одних і тих самих приладів. Вони викликані групою факторів, які діють однакою чином при багаторазовому повторенні одних і тих самих вимірювань. До їх числа належить похибка вимірювальних приладів, яка визначається класом точності приладу.

Електровимірювальні прилади характеризуються зазвичай класом точності в межах від 0,05 до 4. Менш точні прилади позначення класу не мають. Максимальні похибки, що виникають під час вимірювання лінійками, мікрометрами та іншими приладами, наносяться на самому приладі або указуються в паспорті.

Систематичні похибки описаного типу не можуть бути виключені, але їх найбільше значення відоме і воно може бути враховано. Наприклад, якщо на приладі вказаний клас точності 0,5, то це означає, що показання приладу правильні з точністю 0,5% від всієї діючої шкали 150 В, тобто прилад дає похибку при вимірюванні напруги не більше 0,75 В. Якщо виміряна напруга дорівнює 65,3 В, то слід записати:  $U = (65,3 \pm 0,75) \text{ В}$ .

**Випадковими називають такі похибки**, величина яких різна навіть для вимірювань, виконаних однакою способами. Випадкові похибки, як правило, виникають за різних причин, дія яких неоднакова в кожному досліді і не може бути врахована. При повторних вимірюваннях однієї і тієї ж величини вона змінює значення випадково.

Правила визначення випадкових похибок розглядаються в теорії похибок. Математична обробка результатів вимірювань буде наведена нижче.

**Грубі похибки** є результатом недостатньої уваги експериментатора. Наприклад, невірний запис показань приладу, помилки при виборі зразків та ін. Такі похибки виявляють і виключають з розгляду під час обробки результатів вимірювання.

Практично виключити багато невідомих систематичних похибок дозволяє прийом рандомізації (перетворення систематичної похибки у випадкову). При цьому вимірювання слід проводити так, щоб постійний фактор, що впливає на результат вимірювань, діяв випадково.

#### **Правила вимірювань:**

– якщо величина систематичної похибки більше величини випадкової, властивої даному методу, то досить виконати вимірювання один раз (одноразові вимірювання);

– якщо випадкова похибка є визначальною, то вимірювання слід проводити кілька разів (вимірювання з багаторазовими спостереженнями). Кількість вимірювань доцільно збільшувати доти, доки випадкова похибка середнього арифметичного не стане менше систематичної похибки і щоб остання визначала остаточну похибку результату.

Одноразові вимірювання виконують за допомогою засобів з відомими

метрологічними характеристиками тільки тоді, коли це дозволено похибкою вимірювання, яка досягає подвоєного середньоквадратичного відхилення складової похибки засобів вимірювання.

### Деякі відомості стосовно теорії ймовірності та випадкових похибок

Якщо кожне вимірювання дає відмінні від інших вимірювань результати, то ми маємо справу із ситуацією, коли випадкова похибка відіграє суттєву роль. При цьому точність вимірювання можна оцінити лише з деякою ймовірністю.

Зазвичай приймають, що похибки підпорядковуються нормальному закону розподілу, тобто:

- похибка вимірювань може приймати безперервний ряд значень;
- при великому числі спостережень похибки однакові за величиною, але різного знаку, зустрічаються вони дуже часто;
- частота появи похибки зменшується зі збільшенням її величини.

Найбільш імовірною оцінкою дійсного значення вимірюваної величини є середнє арифметичне (постулат Гаусса).

Для характеристики випадкової похибки треба задати величину самої похибки або границі довірчого інтервалу та величину довірчої ймовірності.

Довірчою ймовірністю серії спостережень називається ймовірність того, що дійсне значення  $x$  знаходиться всередині деякого інтервалу  $[\bar{x} - \Delta x, \bar{x} + \Delta x]$ , який також називається довірчим.

Довірча ймовірність визначається за формулою

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{\sigma_{\bar{x}}},$$

де  $\sigma_{\bar{x}}$  – дисперсія середньоарифметичного значення  $x$ .

Практичну цінність мають три величини довірчої ймовірності:  $\Delta x = \sigma_{\bar{x}}$ , яка відповідає довірчій імовірності 0,68;  $\Delta x = 2\sigma_{\bar{x}}$  – 0,95 та  $\Delta x = 3\sigma_{\bar{x}}$  – 0,997. Функції розподілу похибок для малих вибірок ( $n < 30$ ) відрізняються від нормального закону розподілу. Проте при обчисленнях можна користуватися нормальним законом розподілу, якщо ввести коефіцієнт Стюдента, який є функцією довірчої ймовірності  $\gamma$  та кількості вимірювань  $n$ :

$$t_{\gamma, n} = \frac{\Delta x}{S_{\bar{x}}},$$

де  $S$  – середньоквадратичне відхилення  $x$ .

У тих випадках, коли закон розподілу похибок відрізняється від нормального, довірчу ймовірність можна оцінити, скориставшись так званою нерівністю Чебишева, яка отримана для довільного закону розподілу і має такий вигляд:

$$P(|\bar{x} - x| > \gamma\sigma) < \frac{1}{\gamma^2}.$$

При обробці результатів треба:

- знайти дійсне значення величини за результатами повторювальних вимірювань;
- оцінити похибку отриманої величини;
- оцінити достовірність і точність результату;
- визначити необхідну кількість вимірювань для досягнення заданої точності. Так, для одноразових вимірювань застосовують прилад, що володіє малою випадковою складовою похибки при виконанні співвідношення

$$\frac{\Delta x_k}{2Sx} = 2,5 - 3,5,$$

де  $\Delta x_k$  – ціна поділки приладу;  $Sx$  – нормально розподілена випадкова похибка; для багаторазових вимірювань – прилад більш чутливий, тобто зі значною випадковою складовою похибки при виконанні співвідношення.

### Послідовність обробки результатів вимірювань

#### Пряме вимірювання

1. Кожний результат спостереження занести в таблицю, куди також записати результати обчислень.
2. За формулами розрахувати:
  - середнє арифметичне вибірки

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n};$$

- відхилення

$$\Delta x_i = x_i - \bar{x};$$

- квадратичне відхилення  $\Delta x_i^2$ ;
- середньоквадратичне відхилення результату спостережень

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_i^2}{n-1}};$$



– середньоквадратичне відхилення результату вимірювань

$$S_{\bar{x}} = \frac{S_x}{\sqrt{n}}$$

У разі необхідності перевірити гіпотезу про нормальність закону розподілу результатів спостережень. Якщо нормальність закону гарантована фізикою явища або статистикою багатьох попередників, то її можна не перевіряти за статистичними критеріями, але розглянути етапи розподілу все одно корисно, щоб вчасно помітити грубі похибки методики.

При  $n < 15$  гіпотеза не перевіряється, оскільки не існує надійних критеріїв. При  $15 < n < 50$  розроблені критерії для перевірки гіпотези з рівнем значущості від 10 до 20%. При  $50 < n < 100$  гіпотеза перевіряється, оскільки існують критерії високої надійності.

3. Задаючи значення довірчої ймовірності та знаючи коефіцієнт Стьюдента  $t_{\gamma,n}$  для даної кількості вимірювань  $n$ , знайти максимальну похибку за виразом

$$\Delta x = t_{\gamma,n} S_{\bar{x}}$$

$n \backslash \varepsilon$	0,8	0,9	0,95
2	3,1	6,3	12,7
3	1,9	2,9	4,3
4	1,6	2,4	3,2
5	1,5	2,1	2,8
6	1,5	2,0	2,6
7	1,4	1,9	2,4
8	1,4	1,9	2,4
9	1,4	1,9	2,3
10	1,4	1,8	2,3

4. Визначити наявність грубих похибок, тобто оцінити аномальність.

Для цього треба знайти

$$U_{\min} = \frac{(\bar{x} - x_{\min})}{S_x}$$

та за кількістю вимірювань  $n$  і рівню значущості –  $\alpha = 1 - \gamma - U$ .

Далі порівняти між собою  $U_{\max}$ ,  $U_{\min}$ ,  $U$ ; якщо  $U_{\max}$  або  $U_{\min}$  більше за  $U$ , то результат відкинути і п. 1 – 3 повторити.

5. Розрахувати систематичну похибку за формулою

$$\Delta x = \sqrt{\Delta_c^2 + (t_{\gamma,n} \cdot S_{\bar{x}})^2}$$

і одержане числове значення округлити.

6. Обчислити відносну похибку вимірювань за виразом

$$k_V = \left(\frac{\Delta x}{\bar{x}}\right) \cdot 100\%,$$

і кінцевий результат вимірювань записати так:

$$x = \bar{x} \pm \Delta x \quad (k_V, \%).$$

### Непрямі вимірювання

Послідовність обчислень попередня. Довірча ймовірність  $\gamma$  для всіх вимірюваних величин приймається такою самою. Похибка результату непрямого вимірювання визначається за формулами, що відповідають конкретній функціональній залежності:

$$\Delta X = \left[ \left| \frac{\partial X}{\partial A} \right| \Delta A + \left| \frac{\partial X}{\partial B} \right| \Delta B + \left| \frac{\partial X}{\partial C} \right| \Delta C + \dots \right] - \text{число вимірювань мале};$$

$$S_x = \sqrt{\left(\frac{\partial X}{\partial A}\right)^2 S_A^2 + \left(\frac{\partial X}{\partial B}\right)^2 S_B^2 + \left(\frac{\partial X}{\partial C}\right)^2 S_C^2 + \dots} - \text{число вимірювань велике}.$$

Тоді відносна похибка запишеться так:

$$k_V = \left(\frac{\Delta f}{f}\right) \cdot 100\%,$$

а кінцевий результат набуде вигляду

$$f(A, B, C, \dots) = f(\bar{A}, \bar{B}, \bar{C}, \dots) \pm \Delta f \quad (k_V, \%).$$

Формули для розрахунку похибок деяких частинних функцій

$$1) X = A + B, \Delta A + \Delta B, \frac{\Delta A + \Delta B}{A + B}, \sqrt{S_A^2 + S_B^2}, \sqrt{\frac{S_A^2 + S_B^2}{A + B}};$$

$$2) X = A - B, \Delta A + \Delta B, \frac{\Delta A + \Delta B}{A - B}, \sqrt{S_A^2 + S_B^2}, \sqrt{\frac{S_A^2 + S_B^2}{A - B}};$$

$$3) X = AB, A\Delta A + B\Delta B, \frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta B}{B}, \sqrt{A^2 S_A^2 + B^2 S_B^2}, \sqrt{\left(\frac{S_A}{A}\right)^2 + \left(\frac{S_B}{B}\right)^2};$$

$$4) X = \frac{A}{B}, \frac{A\Delta A + B\Delta B}{B^2}, \frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta B}{B}, \frac{1}{B^2} \sqrt{S_A^2 + \left(\frac{A}{B}\right)^2} S_B^2, \sqrt{\left(\frac{S_A}{A}\right)^2 + \left(\frac{S_B}{B}\right)^2};$$

$$5) X = A^\alpha, \alpha A^{\alpha-1} \Delta A, \alpha \frac{\Delta A}{A}, \alpha A^{\alpha-1} S_A, \alpha \frac{S_A}{A};$$

$$6) X = \sqrt[\alpha]{A}, \frac{1}{\alpha} \frac{\Delta A}{A^{\frac{\alpha-1}{\alpha}}}, \frac{1}{\alpha} \frac{\Delta A}{A}, \frac{1}{\alpha} \frac{S_A}{A^{\frac{\alpha-1}{\alpha}}}, \frac{1}{\alpha} \frac{S_A}{A};$$

$$7) X = \sin A, \Delta A \cos A, \Delta A \operatorname{ctg} A, S_A \cos A, S_A \operatorname{ctg} A;$$

$$8) X = \cos A, \Delta A \sin A, \Delta A \operatorname{tg} A, S_A \operatorname{tg} A, S_A \sin A;$$

$$9) X = \operatorname{tg} A, \frac{\Delta A}{\cos^2 A}, \frac{2\Delta A}{\sin 2A}, \frac{S_A}{\cos^2 A}, \frac{2S_A}{\sin 2A};$$

$$10) X = \ln A, \frac{\Delta A}{A}, \frac{2\Delta A}{A \ln A}, \frac{S_A}{A}, \frac{S_A}{A \ln A};$$

$$11) X = e^A, e^A \Delta A, \Delta A, e^A S_A, S_A.$$

### Правила округлювання і точність обчислень

Величину випадкової похибки ми завжди визначаємо достатньо грубо. Наприклад, при 10 вимірюваннях  $S_x$  визначається з похибкою, більшою за 30%. Тому при округлюванні похибки слід дотримуватися такого правила:

- при  $n = 10$  в значенні  $S_{10}$  слід залишати одну значущу цифру, якщо вона більше 3, і дві значущі цифри, якщо перша з них менше 4;
- при  $n = 25$  в значенні  $S_{25}$  слід залишати дві значущі цифри;
- при  $n > 25$  – залишати три значущі цифри.

Для округлювання результату вимірювання слід знати похибку і проводити округлювання до першої невизначеної цифри.

Наприклад, одержаний результат

$$3752,28 \pm 31,6,$$

де перші дві цифри «37» – правильні, третя «5» – сумнівна, останні «2,28» – неправильні, які треба відкинути.

Отже, результат слід записати так:

$$3750 \pm 30.$$

Точність обчислення має бути приблизно на порядок вищою за сумарну точність вимірювань.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1  
ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ОПОРУ РУХУ ЛАНЦЮГА  
СКРЕБКОВОГО КОНВЕЄРА ПО РИШТАКАХ

### 1. Загальні положення

**Мета роботи:** закріплення поняття про фізичну сутність коефіцієнта опору руху ланцюга скребкового конвеєра по риштаку; засвоєння методики його експериментального визначення.

**Теоретичні положення.** Коефіцієнтом опору руху називається відношення сили тяги при рівномірному русі тіла по горизонтальній поверхні до повної його ваги, тобто

$$\omega' = \frac{F_0}{G_{\text{бр}}}, \quad (1)$$

де  $\omega'$  – коефіцієнт опору руху;  $F_0$  – сила тяги;  $G_{\text{бр}}$  – повна вага тіла (вага бруто).

Розглядають коефіцієнт опору руху як безрозмірну величину (відносний коефіцієнт опору руху) та як питомий опір руху.

При розрахунку коефіцієнта опору руху величини  $F_0$  і  $G_{\text{бр}}$  приймають в одиницях виміру сили тяги – Н, а при розрахунку питомого опору руху  $F_0$  – Н, а  $G_{\text{бр}}$  – кН. Питомий опір руху в 1000 разів більше коефіцієнта.

### 2. Завдання дослідження

1. Експериментально визначити коефіцієнт опору руху ланцюга скребкового конвеєра, порівняти його з величинами, рекомендованими в літературі ( $\omega' = 0,4 \dots 0,6$ ), пояснити причину розбіжності.

### 3. Обладнання стенда

Матеріальне забезпечення: експериментальна установка, динамометр на 30 Н, тяговий ланцюг, складений з трьох відрізків.

Схема для визначення сили тяги на відрізку ланцюга наведена на рис. 1, а дослідної установки – на рис. 2.

### 4. Послідовність виконання роботи

#### Визначають:

– коефіцієнт опору руху за формулою (1);  
– силу тяги на якомусь вибраному відрізку ланцюга за допомогою динамометра.

#### Вимірюють:

– тягове зусилля тим самим динамометром, установивши його між ланцюгом і канатом лебідки.

Досліди проводять при ввімкненій лебідці, роблячи не менше трьох вимірів на кожному відрізку ланцюга.

## 5. Обробка отриманих результатів та форма звіту

Математичну обробку результатів експерименту проводять відповідно до загальних правил, тобто за результатами всіх експериментів знаходять середню величину коефіцієнта опору руху, величину окремого відхилення, дисперсію й середньоквадратичне відхилення, а також визначають довірчу межу значень коефіцієнта опору руху ланцюга скребкового конвеєра відносно жолоба.

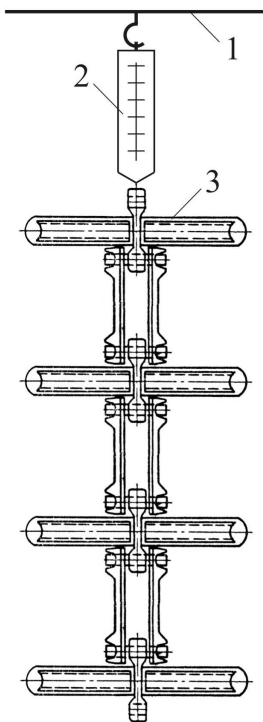


Рис. 1. Схема для визначення сили тяги на відрізку ланцюга: 1 – прут; 2 – динамометр; 3 – відрізок ланцюга

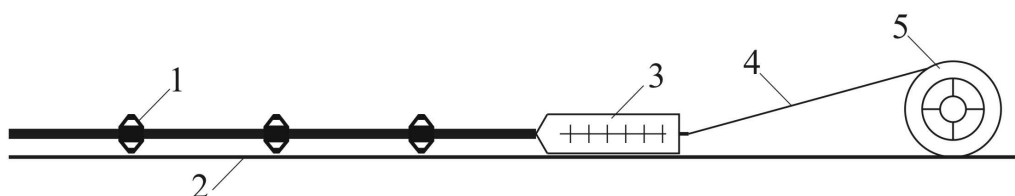


Рис. 2. Схема дослідної установки: 1 – ланцюг; 2 – жолоб; 3 – динамометр; 4 – трос; 5 – лебідка

Результати вимірювань та розрахунків заносять у таблицю.

Крім того, результати вимірювань можливо обробити за допомогою програмного забезпечення у комп'ютерному класі. Для цього в персональний комп'ютер вводять вхідні дані (рис. 3), а потім, використовуючи спеціальну програму, виконують обробку результатів вимірювання, як наведено на рис. 4.

## 6. Висновки

Тут висвітлюють результати проведеного дослідження.

## 7. Контрольні питання

1. Як зміниться значення коефіцієнта опору руху ланцюга скребкового конвеєра по риштаках при інших умовах, якщо:
  - зменшити (збільшити) вагу ланцюга скребкового конвеєра;
  - зменшити (збільшити) кількість кілець ланцюга скребкового конвеєра?
2. В яких одиницях вимірюється коефіцієнт опору руху?
3. Перелічіть шляхи зниження коефіцієнта опору руху ланцюга скребкового конвеєра по риштаках.
4. Назвіть, чим відрізняється коефіцієнт тертя від коефіцієнта опору руху. Що більше за величиною?
5. Чи можна визначити коефіцієнт опору руху суто аналітично?
6. З якою метою визначають абсолютну (відносну) похибку вимірювань?
7. Якого висновку Ви дійшли, порівнюючи під час експерименту максимальне (мінімальне) значення коефіцієнта основного опору руху з його середнім значенням?
8. Порівняйте між собою середні значення коефіцієнтів опору руху ланцюга скребкового конвеєра по риштаках. Зробіть висновок.
- 9) Порівняйте між собою середньоквадратичні відхилення (коефіцієнти варіації) коефіцієнта опору руху. Зробіть висновок.

Кількість дослідів	$G_{бр.}, \text{кН}$	$F_0, \text{Н}$	$\omega'$	$\omega_{cp}$	$\sigma$	$k_V$
1						
2						
3						
4						
...						
7						
1						
2						
3						
4						
...						
7						
1						
2						
3						
4						
...						
7						

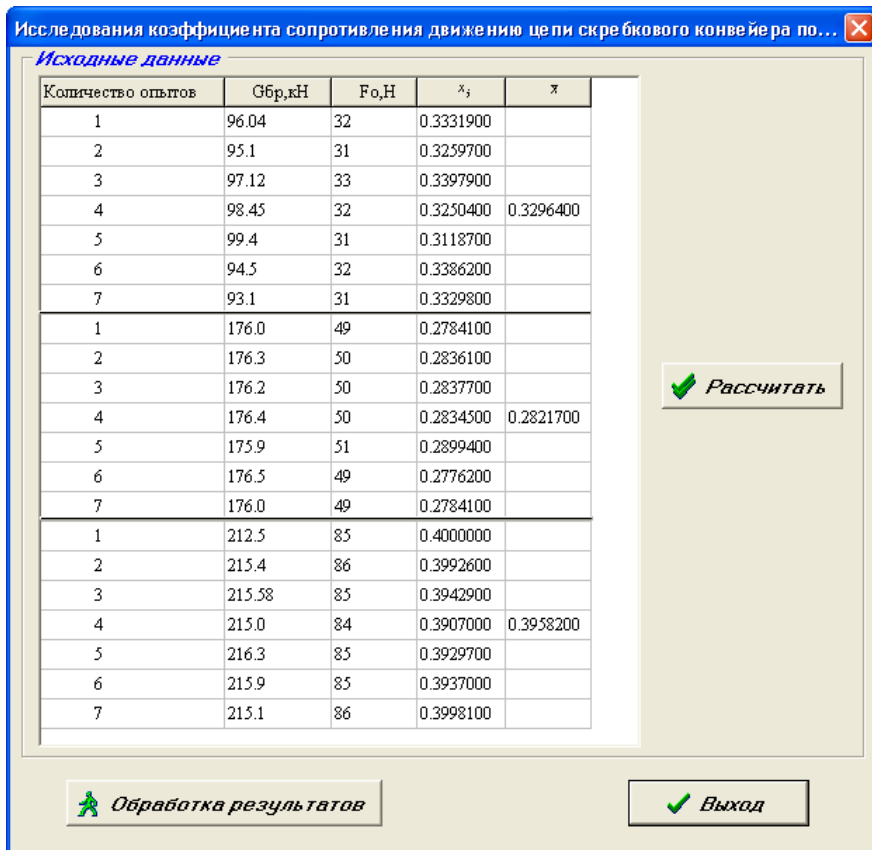


Рис. 3. Вікно введення даних

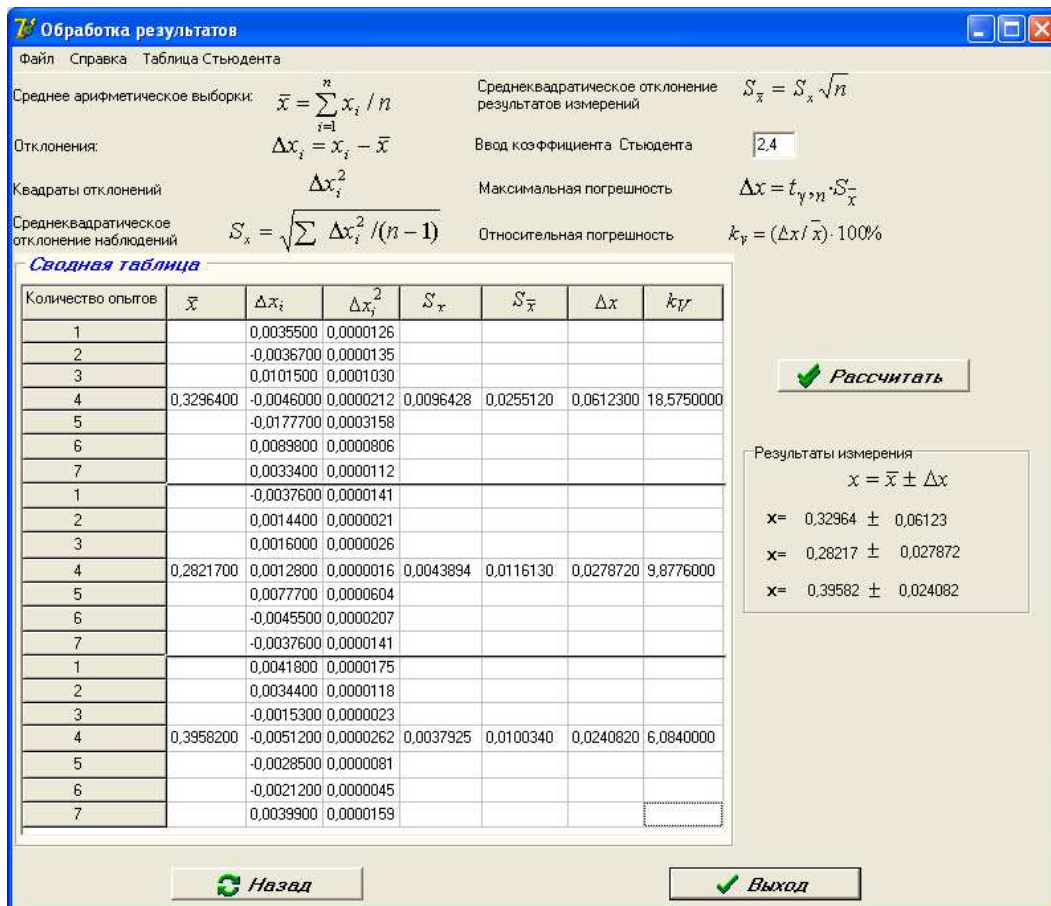


Рис. 4. Вікно обробки результатів вимірювань

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2  
ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ТЕРТЯ СТРІЧКИ ОБ БАРАБАН  
СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА

**1. Загальні положення**

**Мета роботи:** ознайомлення з теорією та фізичною суттю передачі тягового зусилля тертям; визначення коефіцієнта тертя стрічки об барабан за різних умов.

**Теоретичні основи.** Робота виконується в лабораторії, де встановлений стенд стрічкового конвеєра. Час виконання роботи – дві години. Протягом першої години студенти вивчають основи теорії передачі тягового зусилля тертям, обладнання стенда, методику проведення досліджень. Протягом другої години – під керівництвом викладача проводять дослідження при сухій, чистій та вологій поверхні стрічки, тобто знімають показання динамометрів у момент зупинки барабана стрічковим гальмом, вимірюють довжину важелів, діаметр барабана, кут обхвату барабана стрічкою, змочують водою поверхню стрічки. Під час проведення досліджень студенти, не зайняті вимірюваннями, знаходяться на відстані двох метрів від стенда і записують показання приладів. **Увага!** Забороняється самостійно вмикати і вимикати привідну станцію стенда, наближатися менш ніж за один метр до увімкненого стенда.

**2. Завдання дослідження**

1. Ознайомитися з фізичною суттю та одним із методів визначення коефіцієнта тертя стрічки об барабан стрічкового конвеєра.

2. З'ясувати як впливають умови експлуатації на коефіцієнт тертя стрічки об барабан стрічкового конвеєра.

3. Визначити величину сили натягу в гілках стрічки конвеєра, що набігає та збігає на барабані, у момент зриву зчеплення (зупинка барабана) за різних умов: поверхня стрічки і барабана як суха, так і волога.

**3. Розгляд складових формули визначення коефіцієнта тертя стрічки об барабан**

При виконанні роботи використовують відому формулу Ейлера, яка дає співвідношення між силою натягу у гілках стрічки конвеєра, що набігає та збігає на барабан у момент зриву зчеплення. При цьому вводять такі припущення: коефіцієнт тертя по дузі обхвату не змінюється, стрічка невагома і не має жорсткості.

Щодо схеми стенда (рис. 1), то в момент зупинки стрічки гальмом барабана (момент зриву зчеплення) формула Ейлера має такий вигляд:

$$F_{зб} = F_{нб} e^{f\alpha}, \quad (1)$$

де  $F_{зб}$  – сила натягу у гілці стрічки, що збігає на барабан;  $F_{нб}$  – сила натягу у гілці стрічки, що набігає на барабан;  $e$  – основа натуральних логарифмів;  $f$  –



коефіцієнт тертя стрічки об барабан;  $\alpha$  – кут обхвату барабана стрічкою (у радіанах).

Логарифмуючи вираз (1), одержимо

$$f = \frac{1}{\alpha} \ln \frac{F_{36}}{F_{н6}}. \quad (2)$$

Для розв'язання цього рівняння слід знайти сили  $F_{н6}$  і  $F_{36}$ .

Застосовуючи відомі закони теоретичної механіки і припускаючи, що система (рис. 1) знаходиться в рівновазі, запишемо:

$$\left. \begin{aligned} \sum M_{O_1} &= 0 \\ \sum M_{O_2} &= 0 \end{aligned} \right\}; \quad (3)$$

$$\left. \begin{aligned} F_{36}r - F_{н6}r - P_1l_1 &= 0 \\ (F_{36} + F_{н6})h - P_2l_2 &= 0 \end{aligned} \right\}, \quad (4)$$

де  $P_1$  і  $P_2$  – величина зусиль, заміряних динамометрами  $D_1$  і  $D_2$ ;  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $h$  – довжина плечей сил, що діють у системі.

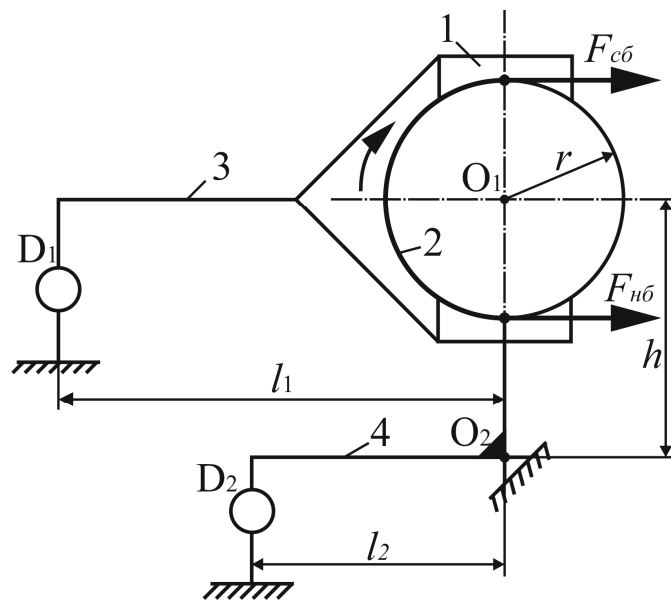


Рис. 1. Схема стенда для визначення коефіцієнта тертя стрічки об барабан

Розв'язуючи ці рівняння відносно  $F_{н6}$ , одержимо:

$$\begin{aligned} 2F_{36} &= \frac{P_1l_1h + P_2l_2r}{rh}; \\ 2F_{н6} &= \frac{P_2l_2r - P_1l_1h}{rh}. \end{aligned} \quad (5)$$

Підставляючи значення величин  $F_{нб}$  і  $F_{зб}$  у рівняння (2), запишемо формулу для розрахунку коефіцієнта тертя стрічки об барабан:

$$f = \frac{1}{\alpha} \ln \frac{P_1 l_1 h + P_2 l_2 r}{P_2 l_2 r - P_1 l_1 h}. \quad (6)$$

#### 4. Послідовність виконання роботи

Експеримент проводять на спеціальному стенді (рис. 1), який являє собою невеликий стрічковий конвеєр, оснащений пристроєм 1 (стрічкове гальмо) для гальмування кінцевого барабана 2 та динамометрами  $D_1$  і  $D_2$ , закріпленими на важелях 3 і 4, для вимірювання зусиль  $P_1$  і  $P_2$ .

Для проведення досліду необхідно мати метрову металеву лінійку та шнур (1 м) для виміру довжини кола барабана, відро з водою і ківш. Перед початком досліду викладач призначає:

– оператора, який здійснює гальмування барабана й у момент його зупинки подає команду "відлік";

– двох спостерігачів, що знімають показання динамометрів  $D_1$  і  $D_2$  у момент подачі команди;

– відповідального за дотримання правил техніки безпеки при проведенні експерименту і того, хто подає команду "стоп" при їх порушенні.

Викладач запускає і зупиняє конвеєр. Кількість вимірів для кожного стану стрічки і барабана має бути – не менше 10.

Після виміру довжини плечей сил  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $h$ , кута обхвату барабана стрічкою  $\alpha$ , довжини кола барабана студенти приступають до обробки результатів експерименту і обчислення коефіцієнта тертя стрічки об барабан.

Обробку даних проводять із застосуванням методів математичної статистики для знаходження дисперсії дискретної величини і середньоквадратичного відхилення.

У висновках указується, коли коефіцієнт тертя стрічки об барабан і тяговий фактор  $e^{f\alpha}$  мають більші значення при інших рівних умовах, а також наводяться методи для підвищення тягової здатності приводу стрічкового конвеєра.

#### 5. Обробка отриманих результатів та форма звіту

Математичну обробку результатів експерименту проводять відповідно до загальних правил.

Звіт має містити:

1. Розрахункові схеми і формули для визначення коефіцієнта тертя стрічки об барабан;

2. Схему і опис стенда;

3. Результати дослідів, які зведені у таблицю;

4. Розрахунки коефіцієнта тертя стрічки об барабан;

5. Висновки за результатами експерименту.

Крім того, результати вимірювань можливо обробити за допомогою програмного забезпечення у комп'ютерному класі. Для цього в персональний комп'ютер вводять вхідні дані, які беруть з рис. 2, а потім, використовуючи спеціальну програму, виконують обробку результатів вимірювань, як наведено на рис. 3.

## 6. Висновки

Тут висвітлюють результати проведеного дослідження.

№ п/п	Стан поверхні стрічки	$P_1$ , Н	$P_2$ , Н	$l_1$ , м	$l_2$ , м	$h$ , м	$r$ , м	$\alpha$ , град	$f$	$f_{cp}$	$\sigma$	$K_v$	
1	Суша, чиста												
2													
3													
...													
10													
1		Волога, чиста											
2													
3													
...													
10													

Исследование коэффициента трения ленты о барабан ленточного конвейера

*Исходные данные*

Количество опытов	Состояние ленты	P1	P2	l1	l2	h	r	a	$x_i$	$x$
1	Сушная, чистая	12	80	0.88	1.59	0.37	0.11	3.14	0.18272	
2		14	80						0.21535	
3		15	80						0.23208	
4		19	80						0.30247	
5		20	80						0.32114	0.31722
6		21	80						0.34033	
7		22	79						0.36573	
8		23	80						0.38053	
9		24	79						0.40826	
10		25	80						0.42364	
1	Влажная, чистая	10	73	0.88	1.59	0.37	0.11	3.14	0.16610	
2		13	70						0.22967	
3		15	71						0.26478	
4		5	72						0.08281	
5		11	70						0.19194	0.18829
6		12	70						0.21063	
7		14	71						0.24525	
8		9	72						0.15099	
9		5	71						0.08399	
10		15	73						0.25670	

Рассчитать
  Обработка результатов
  Выход

Рис. 2. Вікно введення даних

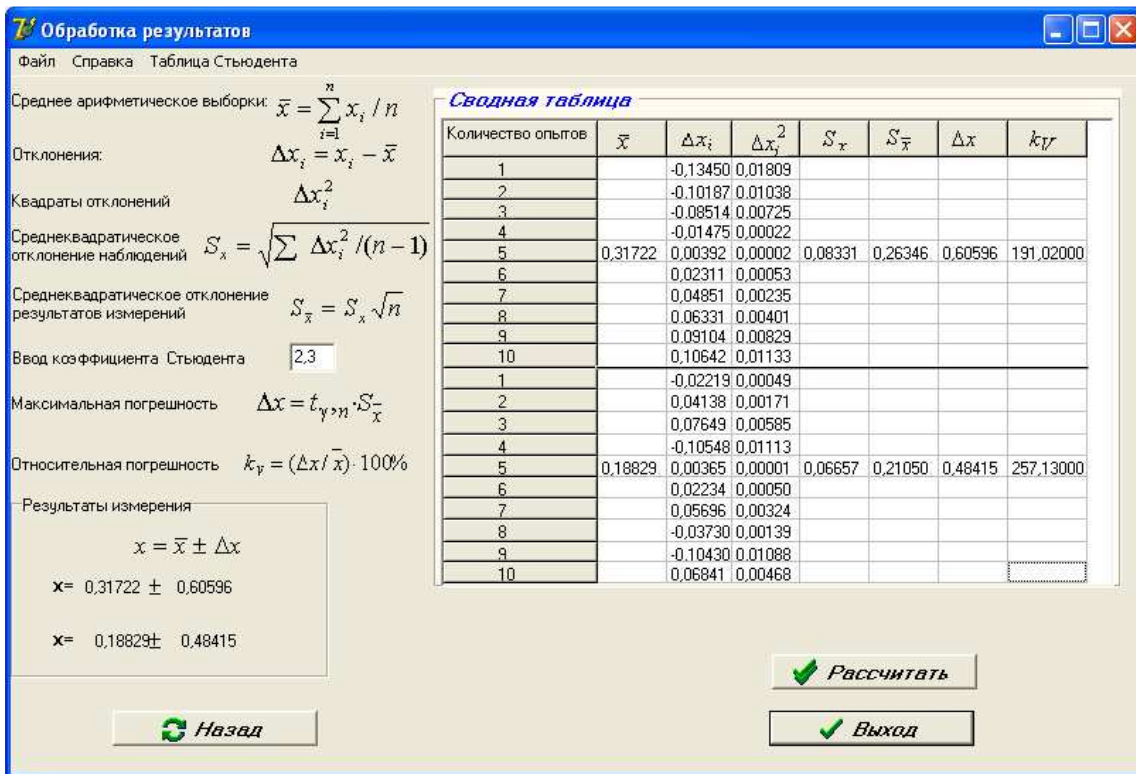


Рис. 3. Вікно обробки результатів вимірювань

## 7. Контрольні питання

1. Які вводять припущення при використанні формули Ейлера?
2. Що таке тяговий фактор приводу стрічкового конвеєра?
3. Яким методом визначають коефіцієнт тертя стрічки об барабан?
4. У якому режимі працює привід конвеєра, якщо  $F_{нб} > F_{зб}$ ;  $F_{нб} < F_{зб}$ ;  $F_{нб} = F_{зб}$ ?
5. Наведіть методи підвищення коефіцієнта тертя стрічки об барабан.
6. Чи впливає величина сили натягу стрічки на коефіцієнт тертя?
7. Чи зміниться коефіцієнт тертя при зміні кута обхвату барабана стрічкою?
8. Напишіть формулу Ейлера і поясніть, в яких умов вона може застосовуватися.
9. Складіть схему стенда для виміру коефіцієнта тертя стрічки об барабан.
10. Чи впливає діаметр барабана на тяговий фактор приводу стрічкового конвеєра?
11. Перелічіть фактори, що впливають на величину коефіцієнта тертя стрічки об барабан.
12. Чи має місце пробуксовка барабана відносно стрічки, якщо тяговий фактор дорівнює 5, а відношення сили натягу в точках, коли стрічка набігає та збігає на барабані, – 8?
13. Яким чином впливає навколишнє середовище на тягову здатність приводу стрічкового конвеєра?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3  
ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЗЧЕПЛЕННЯ ШАХТНОГО  
ЕЛЕКТРОВОЗА З РЕЙКОЮ ПІД ЧАС БУКСУВАННЯ

**1. Загальні положення**

**Мета роботи:** закріплення поняття про фізичну сутність коефіцієнта зчеплення шахтного електровоза з рейкою під час буксування на місці; засвоєння методики його експериментального визначення.

**Теоретичні основи.** Сила тяги, що реалізовується локомотивом під час його руху, не може бути більше деякої частки його зчіпної ваги. Співвідношення між граничною силою тяги локомотива та його зчіпною вагою характеризується коефіцієнтом зчеплення, який:

– для однієї ведучої осі локомотива

$$\psi = \frac{F_0}{P_0}, \quad (1)$$

де  $F_0$  – найбільша за зчепленням дотична сили тяги на осі колес, Н;  $P_0$  – статичне навантаження на одну вісь від ваги, Н,

– а для локомотива

$$\psi_{\text{л}} = \frac{F}{P}, \quad (2)$$

де  $F$  – найбільша за зчепленням дотична сили тяги локомотива, Н;  $P$  – зчіпна сила локомотива, Н.

При спробі реалізувати силу тяги, яка перевищує  $F_0$  (для однієї осі) або  $F$  (для локомотива), відбувається «зрив зчеплення», що полягає в переході однієї або обох осей колеса у режим комбінованого ковзання – буксування, при якому колова швидкість колеса  $V_{\text{к}}$  стає суттєво більшою, ніж поступальна швидкість руху осі колеса  $V_0$ .

Першою починає буксувати «лімітуюча вісь» – вісь, на яку діє менше навантаження.

Тоді формула для визначення швидкості буксування у м/с запишеться так:

$$U = V_{\text{к}} - V_0, \quad (3)$$

а у відсотках як

$$U = \frac{V_{\text{к}} - V_0}{V_{\text{к}}} 100\%. \quad (4)$$

Якщо  $V_0 = 0$ , а  $V_{\text{к}} > 0$ , то локомотив буксує на місці.

При спробі реалізувати гальмівну силу  $B$ , яка більша (за абсолютною величиною), ніж сила зчеплення  $F$ , також відбувається «зрив зчеплення» і спостерігається явище юза. При юзі  $V_k < V_0$ , а при повному заклинюванні (блокуванні) коліс  $V_k = 0$ , тобто спостерігається поступовий рух локомотива (потяга) при необертальних колесах.

Швидкість ковзання при юзі розраховується за формулами (3) і (4). Формальна ознака юза – негативне значення швидкості ковзання.

При експлуатації шахтних локомотивів зриву зчеплення допускати не можна, оскільки під час буксування відбувається інтенсивний знос рейок і рушійних коліс, а також марна витрата енергії на буксування, а при юзі на колесах утворюються «лиски», що обумовлює додаткову динамічну дію на локомотив і рейковий шлях та відповідно знижує гальмівну силу локомотива в той момент, коли це найменш бажано.

З викладеного виходить, що максимальна за зчепленням: дотична сили тяги і сили гальмування однієї із осей колеса

$$F_0 = B_0 = P_0 \psi_0, \text{ Н}, \quad (5)$$

а локомотива

$$F = B = P \psi, \text{ Н}. \quad (6)$$

Коли сила тяги локомотива  $F$  або гальмівна сила  $B$  менші за значеннями  $F_0$  або  $B_0$ , то має місце пружне проковзування рушійних коліс щодо рейок унаслідок пружних деформацій поверхневих шарів коліс і рейок у зоні їхнього контакту. Це явище пов'язане з фізичною суттю процесу реалізації сили тяги (гальмування). Для реалізації колесом тягового зусилля потрібно буксування, а гальмівного зусилля – юз.

Точність розрахунків розглядуваних параметрів досягається достовірністю значень коефіцієнта зчеплення.

Величина коефіцієнта зчеплення визначається експериментальним шляхом.

На базі проведених дослідів розраховані значення коефіцієнта зчеплення для різних станів зони контакту локомотивних коліс з рейками. Виявлено, що характеристики коефіцієнта зчеплення (залежність  $\psi = f(u)$ ) при юзі і гальмуванні ідентичні. Також дослідним шляхом встановлено, що найбільше на коефіцієнт зчеплення впливають: характер забруднення (стан) зони контакту локомотивних коліс з рейками; швидкість ковзання колеса по рейці.

## 2. Завдання дослідження

1. Експериментальним шляхом визначити величину коефіцієнта зчеплення електровоза та його однієї із осей під час буксування на місці з різним характером забруднення поверхні рейок (чиста, суха; чиста, мокра; покрита сухим вугільним пилом; покрита рідким вугільним і порідним брудом; покрита залізородним брудом; посипана сухим піском; посипана вологим піском та ін.)

2. Побудувати графік зміни протягом декількох секунд після зриву зчеплення колових швидкостей обох осей електровозів, тобто графіки  $V_{k1} = f(t)$  і  $V_{k2} = f(t)$ .

### 3. Будова експериментальної установки

Складається вона (рис. 1) з:

– випробувального електровоза АМ-8Д;

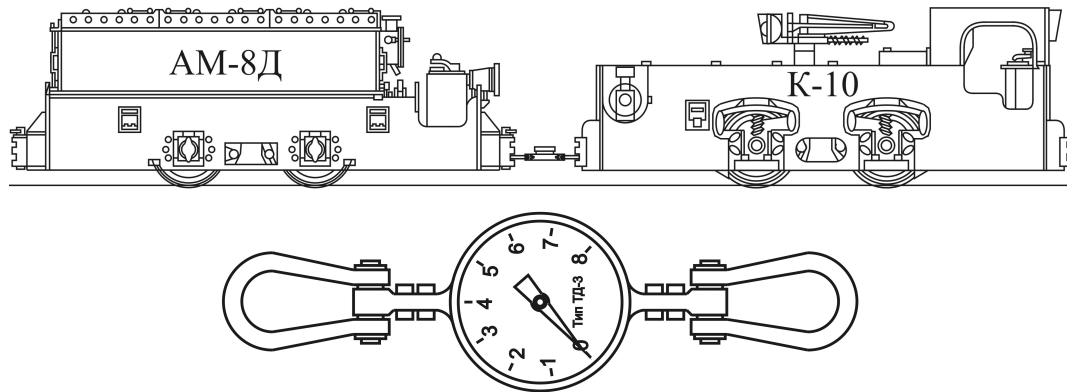


Рис. 1. Стенд для проведення експерименту

– гальмівного електровоза К-10, з яким електровоз АМ-8Д з'єднаний жорстким зчепленням, у розріз якого вмонтований динамометр з межами виміру 0 – 8000 Н;

– двигун-генераторної установки, що забезпечує подачу на тягові двигуни електровоза АМ-8Д постійної напруги, яка плавно змінюється в діапазоні 0 – 80;

– провідникових зв'язків між двигун-генераторною установкою і тяговими двигунами та між осцилографом і датчиками;

– датчиків:

- електричного динамометра для реєстрації зусилля на зчепленні;
- двох контактних датчиків кінематики для реєстрації частини обертів колісних пар;
- датчика для реєстрації напруги, що подається на тягові двигуни від двигун-генераторної групи;
- двох датчиків для реєстрації сили струму електровоза і першого (з боку кабіни) тягового двигуна;

– магнітоелектричного осцилографа.

### 4. Послідовність виконання роботи

Сутність випробування полягає в плановому підвищенні напруги, що подається на тягові двигуни, до моменту зриву зчеплення з витримкою плюс 3 – 5 секунд. Осцилограф вмикають у момент, передуючий зриву зчеплення, і вимикають після закінчення вказаної витримки часу. При цьому реєструють показання всіх датчиків, зображених на рис. 1.

Коефіцієнт зчеплення електровоза визначають при паралельному з'єднанні

двигунів.

Випробування проводять для двох – трьох станів рейкового шляху, що задаються керівником.

Для кожного стану рейкового шляху спочатку проводять серію дослідів (не менше трьох) для визначення коефіцієнта зчеплення осі однієї колісної пари, а потім – самого електровоза. Перед кожним дослідом заданий стан поверхні (характер забруднення) рейки має бути відновленим, наприклад, перемістивши випробовуваний електровоз на нову ділянку шляху.

## 5. Обробка отриманих результатів та форма звіту

Спочатку визначаємо силу тяги електровоза за формулою

$$F_e = F_k + W' \pm W'_i + W''_\alpha = F_d + P(w \pm i + \frac{1000 \delta_{\text{л}}}{g} \alpha), \text{ Н},$$

де  $F_k$  – сила тяги електровоза на крюку, Н;  $W'$ ,  $W'_i$ ,  $W''_\alpha$  – опори руху локомотива: основний, від нахилу шляху та від сил інерції, Н;  $P$  – вага електровоза, Н;  $w$  – коефіцієнт основного опору руху локомотива;  $\delta_{\text{л}}$  – коефіцієнт, що враховує інерцію обертальних мас локомотива;  $g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;  $\alpha$  – прискорення локомотива, м/с<sup>2</sup>.

При випробуваннях на горизонтальному шляху нерухомого електровоза ( $i = 0$ ,  $\alpha = 0$ ) дотична сила тяги на осі (вважаємо першою)

$$F_{e1} = F_{k1} + Pw, \text{ Н}, \quad (7)$$

а самого електровоза

$$F_e = F_k + Pw, \text{ Н}. \quad (8)$$

Коефіцієнт зчеплення окремої осі колісної пари в момент зриву зчеплення розраховуємо за формулою (1), тобто як

$$\psi = \frac{F_{k1} + Pw}{P(0,5 + \alpha / S_{\sigma}) \pm F_e \frac{n}{S_{\sigma}}}, \quad (9)$$

а коефіцієнт зчеплення самого електровоза – за формулою (2), вважаючи, що  $F = F_e$ , тобто як

$$\psi = \frac{F_k + Pw}{P}. \quad (10)$$

Значення  $w$  приймаємо орієнтовно, а саме – 5.

Звіт має містити:



– значення коефіцієнтів зчеплення для однієї із осей колісної пари й самого електровоза відповідно до поверхонь рейок та їхні середньоквадратичні відхилення;

– графіки  $V_{к1} = f(t)$  та  $V_{к2} = f(t)$  після зриву зчеплення.

Результати дослідів зводять у таблицю.

Крім того, результати вимірювань можливо обробити за допомогою програмного забезпечення у комп'ютерному класі. Для цього у персональний комп'ютер вводять вхідні дані (рис. 2), а потім, використовуючи спеціальну програму, виконують обробку результатів вимірювання, як наведено на рис. 3.

Количество опытов	Состояние рельс	$P_{зч}$ , кН	$F_{тд}$ , Н	$\psi$	$\sigma$
1		80	1250	0.156250	
2		80	1300	0.162500	
3		80	1300	0.162500	
4		80	1250	0.156250	
5	Суше, чистые	80	1200	0.150000	0.158750
6		80	1300	0.162500	
7		80	1300	0.162500	
8		80	1300	0.162500	
9		80	1250	0.156250	
10		80	1250	0.156250	
1		80	1100	0.137500	
2		80	1100	0.137500	
3		80	1100	0.137500	
4		80	1150	0.143750	
5	Влажные, чистые	80	1200	0.150000	0.14063
6		80	1100	0.137500	
7		80	1200	0.150000	
8		80	1100	0.137500	
9		80	1100	0.137500	
10		80	1100	0.137500	

Рис. 2. Вікно введення даних

## 6. Висновки

Тут наводять:

- значення коефіцієнтів зчеплення для однієї із осей колісної пари та самого електровоза;
- середньоквадратичні відхилення цих величин;
- результати порівняльного аналізу;
- характер зміни коллової швидкості коліс електровоза після зриву зчеплення.

№ п/п	Стан поверхні рейки	$P_{зч}$ , кН	$F_{тд}$ , Н	$\psi$	$\psi_{ср}$	$\sigma$	$k_v$
1 ... 10	Суха, чиста						
1 ... 10	Волога, чиста						

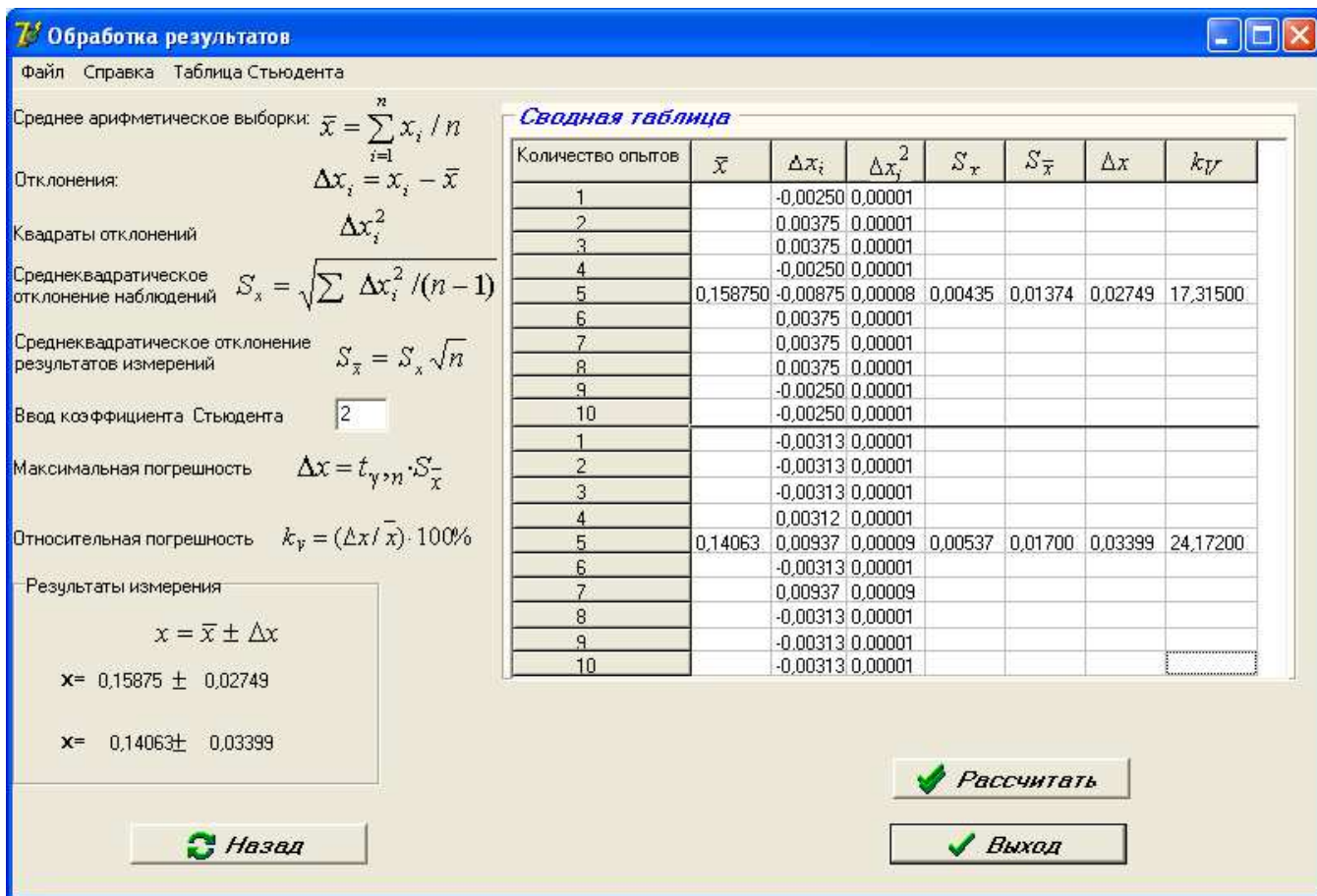


Рис. 3. Вікно обробки результатів вимірювань

## 7. Контрольні питання

1. У чому полягає сутність понять «коефіцієнт зчеплення електровоза» і «коефіцієнт зчеплення однієї із осей колісної пари»?
2. Назвіть методи визначення коефіцієнта зчеплення в лабораторних умовах.
3. Наведіть значення коефіцієнта зчеплення для копальневих електровозів за даними шахтних випробувань.
4. Перелічіть чинники, від яких залежить коефіцієнт зчеплення шахтного електровоза.
5. Яке практичне застосування коефіцієнта зчеплення при вирішенні теоретичних і практичних завдань?
6. Які існують шляхи підвищення коефіцієнта зчеплення?
7. Як впливає на зрив зчеплення перерозподіл навантаження на осі локомотива внаслідок реалізації сили тяги і сили гальмування?
8. Яке призначення пісочниць, що встановлюються на локомотивах?
9. У чому полягає сутність поняття «буксування локомотива» і за яких причин воно виникає?
10. Що таке юз локомотива і внаслідок чого він виникає?
11. Яке найбільше натиснення на колодки гальма допускається без виникнення небезпеки появи юза?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4

### ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛ ОПОРУ РУХУ ШАХТНИХ ВАГОНЕТОК

#### 1. Загальні положення

**Мета роботи:** закріплення поняття про фізичну сутність коефіцієнта опору руху шахтних вагонеток, засвоєння методики його експериментального визначення.

**Теоретичні основи.** У загальному випадку сила опору руху рухомого складу рейкового транспорту складається із сил:

- тих, що діють на кривих ділянках шляху (зокрема, на стрілкових переводах), умовно називаючи їх додатковими силами опору руху;
- тих, що діють на прямих ділянках шляху, називаючи їх основними силами опору руху.

Кожен вид сил опору враховують одним і тим самим показником – коефіцієнтом опору руху, який визначають на основі теорії сил тяги і використовують під час розрахунків.

Величину сил опору руху шахтних вагонеток, як і надійність, закладають під час конструювання і визначають у процесі виготовлення, реалізуючи потім при експлуатації. Технічний рівень і якість виготовлення конструкції з урахуванням значень сил опору руху характеризують швидкохідність вагонеток.

Таким чином, при дослідженні сил опору руху ставлять одну з двох цілей:

- 1) розробити нормативну базу для тягових розрахунків;
- 2) визначити швидкохідність вагонеток.

Обидві цілі досягаються різними експериментальними методами.

Історично склалося так, що термін "якість" набув великого значення в рамках двох окремих галузей: по-перше, якість була і залишається однією з найважливіших категорій філософії; по-друге, якість все більше стає важливим показником практично в будь-якому напрямі сучасного матеріального виробництва, складаючи виробничо-економічний зміст загального поняття.

Оцінку рівня якості промислової продукції проводять для таких цілей (ГОСТ 22732-77):

- а) атестації продукції;
- б) вибору якнайкращого варіанта продукції;
- в) планування підвищення рівня якості продукції;
- г) аналізу динаміки рівня якості продукції;
- д) контролю якості продукції;
- е) обґрунтування заходів стимулювання поліпшення якості продукції.

#### 2. Завдання дослідження

1. Ознайомитися з фізичною суттю та одним із методів експериментального визначення ходових показників якості рухомого складу.

2. Виконати контроль якості продукції на прикладі двох моделей шахтних вагонеток.

### 3. Розгляд основних параметрів

Основний опір руху (ходовий опір) рухомого складу оцінюють коефіцієнтом опору руху  $w$ , який визначають як відношення сили тяги  $F$  при переміщенні рухомого складу з постійною швидкістю  $V$  по горизонтальній прямій ділянці шляху ( $\alpha = 0$ ) до загального навантаження на вісь рухомого складу  $P_0$ , тобто як

$$w = \frac{F(V = \text{const}, \alpha = 0)}{P_0} = \frac{F(V = \text{const}, \alpha \neq 0) \pm P \sin \alpha}{P \cos \alpha}. \quad (1)$$

Коефіцієнт виведений на основі схеми, наведеної на рис. 1.

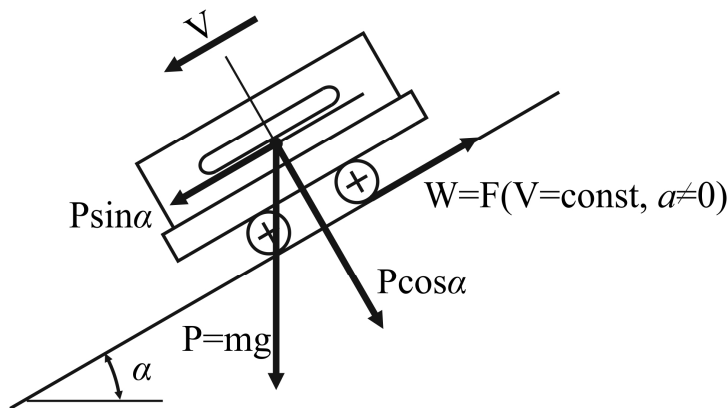


Рис. 1. До розрахунку сили тяги при переміщенні зосереджених вантажів

Стосовно самокатної шахтної вагонетки (див. рис. 2), то має місце закон збереження енергії: потенційна енергія вагонетки витрачається на подолання сил опору її руху, а саме:

$$mgh = mg \cos \alpha w l_1 + mg w l_3 \quad (2)$$

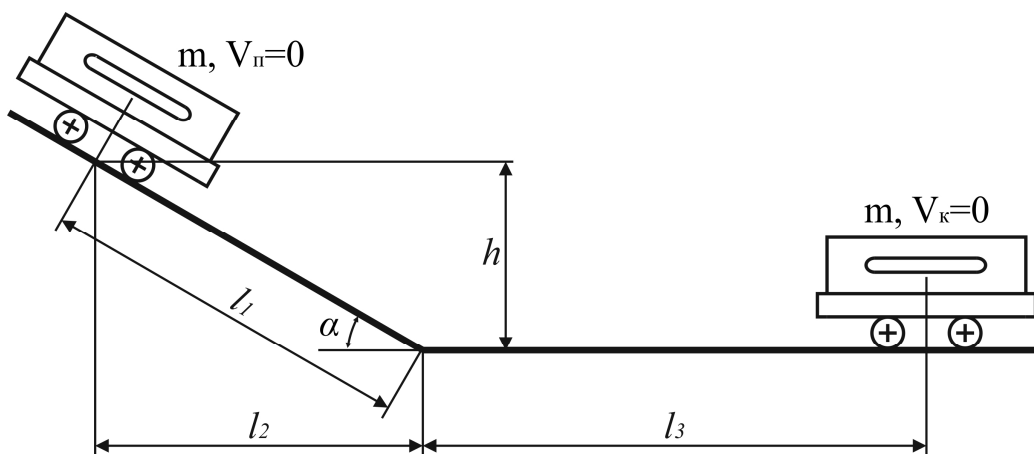


Рис. 2. До розрахунку сили тяги при переміщенні зосереджених вантажів самокатною вагонеткою масою  $m$ :  $V_n, V_k$  – початкова і кінцева швидкості руху вагонетки

Звідки

$$w = \frac{h}{l_2 + l_3}. \quad (3)$$

У загальному випадку  $w$  залежить від багатьох факторів, зокрема: від завантаження вагонетки та швидкості руху її з гори, що визначити неможливо.

#### **4. Послідовність виконання роботи**

Завданням експерименту є визначення коефіцієнта основного опору руху вагонетки на базі двох моделей.

Експеримент планувати як однофакторний. Кількість дослідів для кожної вагонетки має бути не менше 15, виходячи з необхідності перевірки гіпотези про нормальність закону розподілу результатів спостережень. Обробку результатів виконувати стандартними статистичними методами (ГОСТ II. 004-74, ГОСТ 8. 011-72, ГОСТ II. 002-73, ГОСТ 11.006-74).

Формуляр протоколу спостережень, що дозволяв би обчислити похибки вимірювань для кожної групи дослідів, розробити самостійно.

#### **5. Обробка отриманих результатів та форма звіту**

Математичну обробку результатів експерименту проводять за загальними правилами, тобто знаходять для всіх експериментів середню величину коефіцієнта опору, величину окремого відхилення, дисперсію і середньоквадратичне відхилення, а також визначають довірчий інтервал значень коефіцієнта опору руху шахтних вагонеток.

Звіт має містити:

1. Розрахункові схеми і формули для визначення коефіцієнта основного опору руху.

2. Результати дослідів з похибками вимірювань у вигляді протоколу спостережень.

3. Гістограму розподілу значень коефіцієнта сил основного опору руху для кожної із вагонеток.

4. Висновки за результатами експерименту.

5. Порівняльну оцінку ходових показників якості вагонеток за результатами експерименту, використовуючи для цього гістограми розподілу значень коефіцієнта сил основного опору руху, середні його значення, абсолютні і відносні відхилення, а також його середнє значення.

6. Таблицю з результатами вимірювань та обчислень.

Крім того, результати вимірювань можливо обробити за допомогою програмного забезпечення у комп'ютерному класі. Для цього у персональний комп'ютер вводять вхідні дані (рис. 3), а потім, використовуючи спеціальну програму, виконують обробку результатів вимірювання, як наведено на рис. 4.

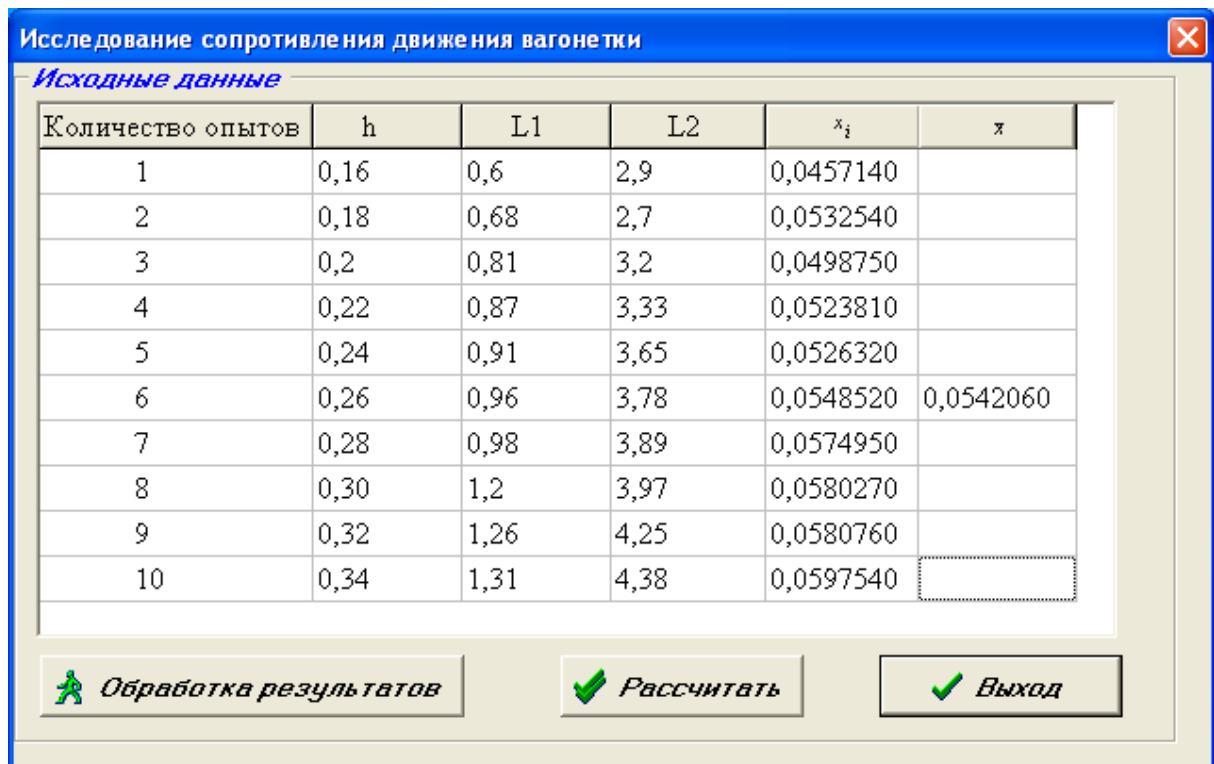


Рис. 3. Вікно введення даних

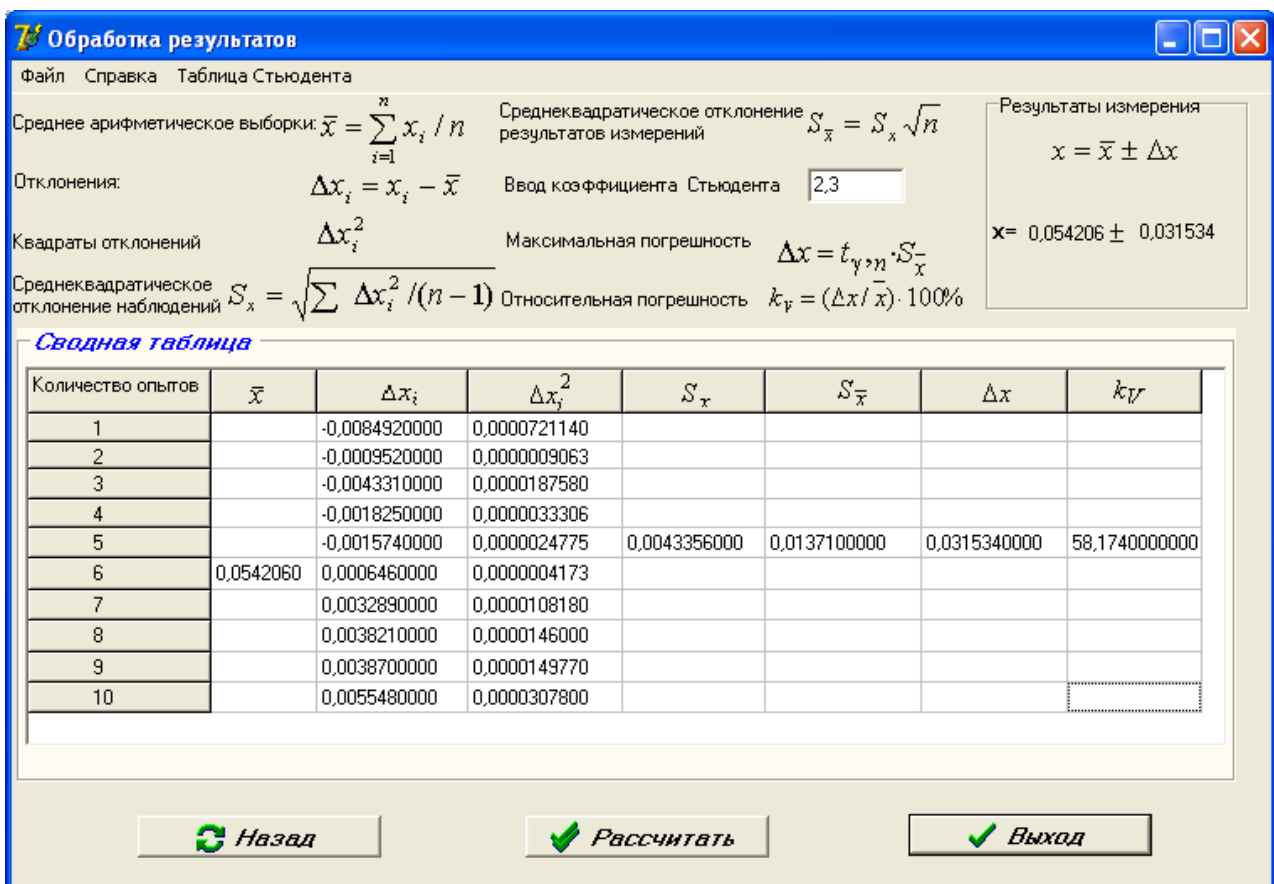


Рис. 4. Вікно обробки результатів вимірювань

## 6. Висновки

Тут висвітлюють результати проведеного дослідження.

## 7. Контрольні питання

1. Як зміняться значення коефіцієнта сил основного опору руху за інших рівних умов, якщо:

- зменшити (збільшити) масу вагонетки;
- зменшити (збільшити) нахил шляху;
- не дотримуватися норми стану рейкового шляху;
- у маточині колеса замінити підшипники ковзання на підшипники хитання;

- зменшити (збільшити) діаметр колеса;
- збільшити непаралельність осей колісних пар?

2. Якими одиницями виміряють коефіцієнт сил опору руху?

3. Перелічіть шляхи зниження коефіцієнта сил основного опору руху.

4. Назвіть, чим відрізняється коефіцієнт тертя від коефіцієнта опору руху.

Що більше за величиною?

5. Чи можна визначити коефіцієнт сил опору руху суто аналітично?

6. Чому дорівнює подолання сил опору руху вагонетки на горизонтальній та похилій частині шляху?

7. З якою метою визначають абсолютну (відносну) похибку вимірювань?

8. Якому закону підкоряється розподіл сил опору руху кожної з випробуваних вагонеток?

9. Якого висновку Ви дійшли, порівнюючи в експерименті максимальне (мінімальне) значення коефіцієнта основного опору руху з його середнім значенням?

10. Порівняйте середні значення коефіцієнта сил опору руху вагонеток. Зробіть висновок.

11. Порівняйте середньоквадратичні відхилення (коефіцієнти варіації) коефіцієнтів сил опору руху вагонеток. Зробіть висновок.

Кількість дослідів	$h$ , м	$l_2$ , м	$l_3$ , м	$W$	$W_{cp}$	$\sigma$	$k_v$
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Транспорт на гірничих підприємствах [Текст]: підруч. для вузів / М.Я. Біліченко, Г.Г. Півняк, О.О. Ренгевич та ін.; за ред. М.Я. Біліченка. – 3-є вид. перероб. та доп. – Д.: Національний гірничий університет, 2005. – 636 с.
2. Салов В.О. Основи експлуатаційних розрахунків транспорту гірничих підприємств [Текст]: навч. посіб. / В.О. Салов. – Д.: Національний гірничий університет, 2005. – 199 с.
3. Біліченко М.Я. Основи теорії та розрахунки засобів транспортування вантажів шахт [Текст]: навч. посіб. / М.Я. Біліченко, О.В. Денищенко. – 2-е вид. – Д.: Національний гірничий університет, 2008. – 103 с.
4. Подземный транспорт шахт и рудников [Текст]: справочник / под общ. ред. Г.Я. Пейсаховича, И.П. Ремизова. – М.: Недра, 1985. – 565 с.
5. Основные положения по проектированию подземного транспорта для новых и действующих угольных шахт [Текст]. – М.: ИГД им. Скочинского, 1985. – 356 с.
6. Розрахунок шахтного локомотивного транспорту [Текст]: навч. посіб. / О.О. Ренгевич, О.М. Коптовець, П.А. Дьячков та ін. – Д.: Національний гірничий університет, 2007. – 83 с.
7. Правила безпеки у вугільних шахтах [Текст]: НПАОП 10.0-1.01-10. Затв. Держнаглядохоронпраці України. – К., 2010. – 242 с.
8. Збірник інструкцій до правил безпеки у вугільних шахтах [Текст]. – К.: Основа, 2010. – Т.1. – 425 с.
9. Збірник інструкцій до правил безпеки у вугільних шахтах [Текст]. – К.: Основа, 2010. – Т.2. – 399 с.
10. Григорьев В.Н. Транспортные машины для подземных разработок [Текст] / В.Н. Григорьев, В.А. Дьяков, Ю.С. Пухов. – М.: Недра, 1983. – 421 с.
11. Евневич О.В. Транспортные машины и комплексы [Текст] / О.В. Евневич. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1975. – 415 с.
12. Салов В.О. Стандарт вищого навчального закладу. Кваліфікаційні роботи випускників [Текст]: загальні вимоги до дипломних проектів і дипломних робіт / В.О. Салов, О.М. Кузьменко, В.І. Прокопенко. – Д.: Національна гірнича академія, 2002. – 52 с.
13. Оркатский П.П. Теоретические основы информационно-измерительной техники [Текст] / П.П. Оркатский – К.: Высш. шк., 1976. – 432 с.
14. Сена Л.А. Единицы физических величин и их размерности [Текст] / Л.А. Сена. – М.: Наука, 1977. – 336 с.
15. Туригин А.М. Электрические измерения неэлектрических величин [Текст] / А.М. Туригин. – Л.: Энергия, 1976. – 577 с.
16. Штремель И.А. Инженер в лаборатории [Текст] / И.А. Штремель. – М.: Metallurgia, 1983. – 128 с.



Коровяка Євген Анатолійович,  
Расцветаєв Валерій Олександрович,  
Яворська Вікторія Вікторівна

ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ  
ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

студентами напряму підготовки 6.050301 Гірництво

Редактор Л.О. Чуїщева.

Підписано до друку \_\_\_\_\_. Формат 30x42/4.  
Папір офсетний. Ризографія. Ум. друк. арк. 1,7.  
Обл.-вид. арк. 1,7. Тираж 100 прим. Зам. №

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»  
49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.