


**ДІДЖИТАЛІЗАЦІЯ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО
ВИРОБНИЦТВА**

(ЧАСТИНА I)

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**
для студентів спеціальності 136 Металургія
усіх форм навчання другого
(магістерського) рівня вищої освіти

*Рекомендовано Науково-методичною радою
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
(протокол № 3 від «27» січня 2023 р.)
Обов'язково до розміщення в репозитарії*



Діджиталізація сталеплавильного виробництва: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт: Частина I (для студентів спеціальності 136 Металургія усіх форм навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти) / Уклад. М. М. Штода. Запоріжжя: ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2023. 25 с.


Методичні вказівки включають тематику індивідуальних завдань, методичні пояснення щодо порядку їх виконання, критерії оцінювання виконаного індивідуального завдання, вимоги до його оформлення, включаючи зразок титульної сторінки.

Рекомендовано для студентів спеціальності 136 Металургія сталі (магістерського) рівня освіти, а також студентів, що вивчають «Діджиталізація сталеплавильного виробництва» як дисципліну вільного вибору.

Самостійне електронне текстове мережеве видання

Затверджено на засіданні кафедри
базових галузей промисловості
Протокол № 1 від «20» січня 2023 р.

Узгоджено:
Секретар Редакційної ради


Малій Х. В.
«23» січня 2023 р.

© ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2023



ЗМІСТ

Вступ	4
Лабораторне заняття №1 ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ.....	5
Лабораторне заняття №2 ЛІНІЇ РЕГРЕСІЇ. КОРЕЛЯЦІЯ	9
Лабораторне заняття №3 МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ	19
Лабораторне заняття №4 ПЕРЕВІРКА СТАТИСТИЧНИХ ГІПОТЕЗ	21
ДОДАТОК А.....	25



Вступ

Діджиталізація сталеплавильного виробництва – це дисципліна професійного ядра для підготовки фахівців до практичної експлуатації систем комп'ютерно-інтегрованого управління технологічними процесами виробництва сталі з одного боку, та опанування знаннями з технічного, організаційного, математичного та програмного забезпечень систем управління на тлі впровадження стандарту Industry 4.0 та цифровізації виробництва.

Дисципліна інтегрує базові знання з вибору вимірювальних датчиків, технічних засобів автоматизації та регулюючої апаратури, використання мікропроцесорних засобів автоматизації, програмного забезпечення, теорії автоматичного управління, а також систем диспетчерського управління та збору даних (SCADA-систем) й спеціалізованого програмного забезпечення. Набуті знання у подальшому будуть корисні при пропонуванні новітніх технічних рішень для керування складними металургійними процесами.

Дані методичні рекомендації складаються із переліку лабораторних робіт виконання яких достатньо та є обов'язковим при вивченні курсу «Діджиталізація сталеплавильного виробництва». Кожна робота виконується студентом окремо або у групі при цьому отримані дані обробляються індивідуально. Метою робіт є закріплення теоретичного матеріалу, що кожен студент отримує на лекційних заняттях, та одержання практичних навиків обґрунтованого обирання вимірювальних датчиків та технічних засобів автоматизації на основі розуміння їхніх властивостей, призначення та технічних характеристик з урахуванням вимог до експлуатаційних умов.

Робота вважається виконаною студентом при умові його присутності на занятті, на якому виконувалися виміри; робота оформлена повинним чином відповідно до вимог та має висновки, що містять аналіз результатів роботи; студент пройшов захист теоретичних знань з теми роботи.



Лабораторне заняття №1 ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ

Загальні теоретичні відомості

Будь-яке вимірювання зводиться до порівняння вимірюваної величини з прийнятою для даної фізичної величини одиницею вимірювання. Таке порівняння виконується відповідними засобами вимірювань. Результатом вимірювання є числове значення вимірюваної величини, яке відображає кратність або долю відносно одиниці вимірювання.

Результат вимірювань - значення характеристики, отримане у підсумку виконання регламентованого (стандартного) методу вимірювань.

Точність – ступінь наближення результату вимірювання до прийнятого опорного значення. Для кількісної характеристики точності вимірювань використовують термін «похибка вимірювань», тобто величина відхилення від опорного значення.

У загальному вигляді статистична модель результату вимірювання представляється залежністю

$$y = \mu + (\delta + B) + e.$$

де μ – опорне значення (істинне значення, математичне сподівання істинного значення);

δ – систематична похибка методу вимірювань;

B – лабораторна складова систематичної похибки в умовах повторюваності;


e – випадкова складова похибки кожного результату вимірювань в умовах повторюваності.

Згідно прийнятої моделі, всі фактори, які визначають величину похибки, за причинами виникнення та способом врахування розділяють на систематичні та випадкові. Але для відображення різного характеру прояву цих факторів для оцінювання точності вводиться поняття «правильність» та «прецизійність».

Це означає, що для характеристики точності потрібно визначити і навести відхилення середньоарифметичного (правильність) та середньоквадратичного (прецизійність).

Правильність (англ. *trueness*) – ступінь наближення середньоарифметичного значення, одержаного за результатами великої серії вимірювань, до прийнятого опорного значення фізичної величини. Правильність умовно визначається наявністю систематичних похибок, тобто похибок, які виникають через постійно діючі фактори

Систематична похибка (англ. *bias*) – різниця між математичним сподіванням результату вимірювань та істинним (опорним) значенням. Серед основних причин, що обумовлюють виникнення систематичних похибок, виділяють такі: особливості методу вимірювання; умови проведення вимірювань в певній лабораторії; конструктивні особливості обладнання; кваліфікація оператора.



Прецизійність (англ. *precision*) – ступінь наближення незалежних результатів вимірювань, отриманих в конкретних регламентованих умовах.

Прецизійність відображає вплив випадкових факторів, характеризує експериментальну складову точності і не має відношення до опорного значення. Міру прецизійності визначають як стандартне (середньоквадратичне) відхилення результатів вимірювань, отриманих за однакових умов.

В залежності від регламентованих умов визначення прецизійності розрізняють «умови повторюваності» та «умови відтворюваності».

Повторюваність (англ. *repeatability*) – умови, коли незалежні результати вимірювань (або випробувань) отриманні одним і тим же методом на ідентичних об'єктах випробувань, в одній і тій же лабораторії, одним і тим же оператором, з використанням одного й того ж обладнання, в межах нетривалого проміжку часу.

Відтворюваність (англ. *reproducibility*) – умови, коли результати вимірювань (або випробувань) отримують одним і тим же методом, на ідентичних об'єктах випробувань, в різних лабораторіях, різними операторами, з використанням різного обладнання.

Отже, оцінка точності вимірювань можлива лише на основі статистичних характеристик, для визначення яких необхідно проведення **багатократних вимірювань**.

В умовах виробництва більшість вимірів є однократними. Для таких вимірів неможливе визначення статистичних характеристик. Визначення рівня точності таких вимірів здійснюють за метрологічними характеристиками засобів вимірювань. Основною такою характеристикою є клас точності засобів вимірювань.


Клас точності – узагальнена характеристика засобів вимірювань певного типу, яка встановлює нижню оцінку точності їх показань.

Позначення класу точності на відліковому пристрої приладу вказує, що дійсне (опорне) значення вимірюваної величини не відрізняється від значення відліку з шкали приладу більше ніж на вказане число відсотків. Якщо клас точності вказано у колі - відхилення (максимальну можливу похибку) обчислюють відносно відліку (показання приладу). Якщо клас точності позначено лише числами без кола – відхилення обчислюють відносно верхньої межі вимірювань (максимальне значення на шкалі приладу).

Отже, використовуючи клас точності засобів вимірювань, можна визначити рівень точності вимірювань.

Сучасна практика, що впроваджується діючими нормативними документами, з метою попередження отримання некоректних даних, рекомендує проводити два виміри в умовах повторюваності.

Стандартна методика, регламентована, передбачає, що виміри виконують в точній відповідності з стандартним методом вимірювань, стандартні відхилення якого σ_T та σ_R відомі. Довірчий рівень ймовірності



приймають на рівні 95%. Результати двох вимірів порівнюють між собою, перевіряючи їх однорідність за критерієм «межа повторюваності», який визначають зі співвідношення

$$r = \sigma_r \cdot \sqrt{2}$$

Для забезпечення 95% довірчого інтервалу вводиться множник f , який у відповідності з нормальним законом розподілення (приймається за замовчуванням) становить 1,96.

Відповідно отримуємо

$$r = f \cdot \sigma_r \cdot \sqrt{2} \approx 2,8 \cdot \sigma_r$$

де $f(n)$ – коефіцієнт критичного діапазону.

Якщо виконується умова

$$|x_1 - x_2| \leq r,$$

обидва результати вимірювань вважаються прийнятними і остаточний результат вимірювань визначають як середнє

$$y = \frac{x_1 + x_2}{2}.$$

Якщо зазначена умова не виконується, проводять ще два виміри (за високої вартості вимірювань допускається одне додаткове вимірювання), і визначають критичний діапазон (границю повторюваності) для чотирьох вимірів

$$CR_{0,95(4)} = 3,6 \cdot \sigma_r$$

Якщо виконується умова

$$x_{\max} - x_{\min} \leq CR_{0,95(4)},$$

остаточний результат вимірювань визначають як середнє арифметичне

$$y = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4}{4}.$$

Якщо умова не виконується то остаточний результат вимірювань визначають як медіану чотирьох значень, тобто середнє двох середніх значень впорядкованої у напрямку зростання послідовності з чотирьох значень

$$y = \frac{x_{(2)} + x_{(3)}}{2}.$$

Наведену методику потрібно використовувати для вимірювань при проведенні експериментальних та лабораторних досліджень.

Методика проведення заняття

Заняття починається з опитування про зміст основних термінів, які використовують для визначення рівня точності вимірювань.

Далі, кожен здобувач освіти отримує певну деталь, характерний розмір якої потрібно визначити. Для заданого розміру деталі визначити можливі межі зміни значень цього розміру без застосування засобів вимірювання - зробити оцінку значення розміру тобто одержати

апріорну інформацію про розмір деталі. Далі, за методикою однократного вимірювання виконати виміри та визначити інтервальну оцінку цього розміру послідовно використовуючи такі засоби вимірювань: лінійка; штангенциркуль; мікромметр. Результати вимірів звести до таблиці 1.1

Після цього виконується другий вимір того самого розміру деталі і обчислюється результат вимірювань для σ_r , що відповідає класу точності вимірювального інструменту. За потреби, відповідно до методики, можуть бути виконані виміри 3 та 4, та проведено визначення результату вимірювань.

Таблиця 1.1 – Результати однократних вимірів

Характеристики вимірюваної величини	Апріорна інформація	Вимірювальна інформація одержана при використанні		
		лінійки	штангенциркуля	мікрометру
Клас точності (ціна позначки), мм	–	0,5	0,05	0,01
Значення першого виміру				
Значення другого виміру				
Максимальна похибка	–	1	0,1	0,1
Середня величина виміру, мм	–	20,5	19,85	20,00
Межа повторюваності r	–	2,8	1,4	0,14
Остаточний результат	–	20,5	19,9	20,05

За результатами роботи слід порівняти інтервальні оцінки та остаточні результати вимірювань заданої величини різними засобами вимірювань.

Питання для контролю знань

1. Поясніть термін правильність та прецизійність.
2. Як визначити похибку вимірювань, використовуючи клас точності для засобу вимірювань?
3. Як оцінюють величину систематичної та випадкової похибок вимірювань?
4. Як впливає кількість вимірювань на їх точність?
5. Які складові містить сучасна статистична модель результату вимірювання?

Лабораторне заняття №2 ЛІНІЇ РЕГРЕСІЇ. КОРЕЛЯЦІЯ

Загальні теоретичні відомості

Дана система випадкових величин (X, Y) . Нехай у результаті n випробувань отримане n крапок $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$. Між цими величинами може існувати зв'язок. Захід залежності оцінюють через коефіцієнт кореляції.

Зв'язок, при якому зі зміною однієї величини X інша величина Y змінює своє середнє арифметичне значення, називається кореляційною.

Аналітично кореляційний зв'язок записується звичайно у вигляді рівняння

$$\bar{y}_x = f(x),$$

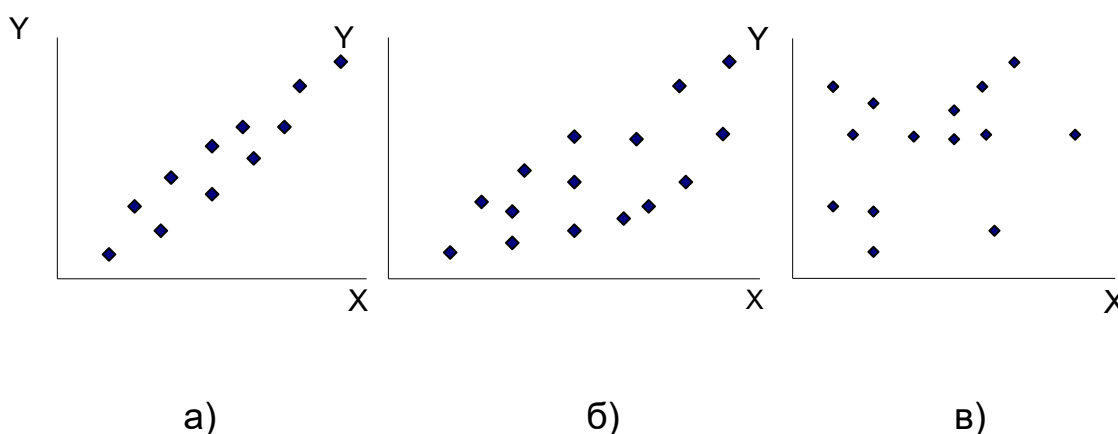
де \bar{y}_x – умовне середнє арифметичне значення ряду розподілу, відповідного до даного значення аргументу x .

Це рівняння називають рівнянням регресії Y на X або кореляційним рівнянням. Функцію $f(x)$ називають регресією Y від X , а її графік – лінією регресії Y на X .

Теорія кореляції має дві основні задачі:

1. Установити форму кореляційного зв'язку, тобто вид функції регресії (лінійна, квадратична, показова і тощо).
2. Оцінити тісноту (силу) кореляційного зв'язку (рис. 2.1).
3. Найпоширенішими показниками тісноти зв'язку є коефіцієнт кореляції r і кореляційне відношення ρ .

Коефіцієнт кореляції розраховують по формулі



а – тісний зв'язок; б – слабкий зв'язок; в – відсутність зв'язку
Рисунок 2.1 – Діаграми розсіювання спостережень при різній тісноті зв'язку між випадковими величинами x і y .

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n\sigma_x\sigma_y} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n\bar{x}\bar{y}}{n\sigma_x\sigma_y},$$

де

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}; \quad \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \text{ – середні арифметичні відповідних величин;}$$

$$\sigma_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n} - \bar{x}^2; \quad \sigma_y^2 = \frac{\sum_{i=1}^n y_i^2}{n} - \bar{y}^2 \text{ – дисперсії;}$$

σ_x, σ_y – середні квадратичні відхилення;

n – число дослідів (випробувань).

Коефіцієнт кореляції змінюється в межах $-1 \leq r \leq 1$ і характеризує тісноту лінійного зв'язку і її напрямком. Якщо $r > 0$, то лінія регресії зростаюча; якщо $r < 0$ – убутна; якщо $|r| = 1$, то зв'язок змінних – лінійний; якщо $r = 0$, то це говорить про повну відсутність лінійного зв'язку між змінними (при цьому можливий суттєво нелінійний зв'язок).

Якщо $r\sqrt{n-1} \geq 3$, то зв'язок між випадковими величинами X і Y досить імовірна.

Якщо зв'язок між X і Y установлена, то лінійне наближення \bar{y}_x від x дається формулою лінійної регресії

$$\bar{y}_x - \bar{y} = r \cdot \frac{\sigma_y}{\sigma_x} (x - \bar{x}), \text{ або } \bar{y}_x = a \cdot x + b,$$

де $a = r \frac{\sigma_y}{\sigma_x}$, $b = \bar{y} - a\bar{x}$.

Методика проведення заняття

Дана система випадкових величин (X, Y):

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
X	0,25	0,37	0,44	0,55	0,6	0,62	0,68	0,7	0,73	0,75	0,82	0,84	0,87	0,95	1,0
Y	2,8	2,2	2,12	1,92	1,8	1,71	1,55	1,5	1,47	1,45	1,37	1,31	1,25	1,12	0,8

Необхідно оцінити зв'язок між X і Y , одержати рівняння лінії регресії, побудувати графік лінії регресії, зробити порівняння досвідчених і розрахункових даних. Виконати завдання з використанням електронних таблиць EXCEL.

Послідовність виконання завдання

Запустіть EXCEL. Виділіть клітинки C1. Введіть в виділену комірку назву роботи: «Кореляція» та натисніть **ENTER**.

Сформуйте заголовок таблиці:

– до клітинки A3 введіть «№ п/п» (A3 → «№ п/п»);

- до комірки B3 → « x_i »;
- до клітинки C3 → « y_i »;
- до комірки D3 → « x_i^2 »;
- до клітинки E3 → « y_i^2 »;
- до комірки F3 → « $x_i y_i$ ».

Щоб і зробити нижнім індексом необхідно виділити його, натиснути праву кнопку миші, обрати в вікні, що з'явився, пункт «*Формат ячеек*» і поставити галочку (прапорець) поруч з рядком «*подстрочный*». Для верхнього індексу обирається рядок «*надстрочный*».

3. Сформуйте колонку А – номер досліду від 1 до 15.

Це можна зробити різними способами.

3.1. До клітинки А4 введіть 1 (А4 → «1»). Потім до комірки А5 введіть формулу → «=А4+1».

Формула – це арифметичний вираз, що складається з послідовності чисел, посилань на комірки та функцій, з'єднаних арифметичними знаками.

Для того, щоб розпочати введення формули в комірці необхідно ввести знак «=». При закінченні введення формули – натискають клавішу **ENTER**. В комірці після цього з'являється результат розрахунку введеної формули. Сама формула буде відображатися в рядку формул.

Можна вводити посилання на комірку вручну, а можна шляхом вказівок на відповідну клітинку натиснувши ліву кнопку миші.

Наприклад, для введення до комірки А5 посилання на «А4» необхідно виконати наступну послідовність дій: уведіть знак «=», потім лівою кнопкою миші клацніть по клітинці А4, далі наберіть текст «+1» для завершення натисніть **ENTER**.

Виділіть комірку А5, натисніть кнопку в меню програми «**Копировать**» (або сполучення клавіш «*Ctrl+C*»), потім виділіть діапазон комірок в столбці від А6 до А18 («*А6:А18*»), натисніть кнопку в меню програми «**Вставить**» (або сполучення клавіш «*Ctrl+V*») та потім **ENTER**.

Можна скопіювати комірку А5 й іншим способом: в комірці А5 виділити нижній правий кут (з'явиться знак «+»), натиснути ліву кнопку миші й не відпускаючи кнопку протягти знак «+» до клітинки А18.

3.2 **Автозаповнення** – дозволяє швидко створювати різні типові послідовності. Працює так само, як і звичайне заповнення. EXCEL аналізує виділені гнізда і якщо знаходить залежність, то інтерполює її на інші гнізда

До клітинки А4 уведіть 1 (А4 → «1»).

У ячейку А5 уведіть 2 (А5 → 2).

Виділіть послідовність клітинок «*А4:А5*»; маркер заповнення протягніть до комірки А18.

4. Введіть до комірок «B4:B18» значення x_i , а до комірок «C4:C18» значення y_i . Ціла частина від дробовій відділяється комою (не крапкою!). Наприклад: «3,5».


5. До комірки D4 введіть формулу «=B4^2»(D4 → «=B4^2»).

До комірки E4 → «=C4^2».

До комірки F4 → «=B4*C4».

Виділіть клітинки «D4:F4», схопіть правий нижній кут комірки F4 та простягніть курсором «+» униз до клітинки F18. Або скопіюйте клітинки «D4:F4» будь-яким зручним для вас іншим способом.

6. До клітинки A19 введіть слово: «Сума».

До клітинки B19 → формулу $\sum_{i=1}^{15} x_i$. Для цього після введення значка дорівнює «=» викличте майстер функцій (для цього достатньо клацнути лівою кнопкою миші по іконці  на панелі перед полем введення формул). Далі у категорії «Математические функции» оберіть «СУММ(число1; число2;...), яка підсумує аргументи.

B19 → «СУММ(B4:B18)».

Скопіюйте значення клітинки B19 до комірок C19:F19.

7. Виділіть діапазон клітинок «A3:F19» і намалюйте границі таблиці.

8. До клітинки B20 введіть текст \bar{x} , до комірки C20 → \bar{y} . Для цього оберіть пункт меню «Вставка», «Объект», «Microsoft Equation 3.0» (або «MathType X.0 Equation») або будь-який інший «Редактор Формул». У редакторі формул, що з'явився, уведіть \bar{x} і закрийте вікно. Щоб прибрати рамку навколо \bar{x} , натисніть праву кнопку миші, оберіть «Формат объекта», «Цвета и линии», «Цвет», «нет линий».

Аналогічно вводиться \bar{y} до клітинки C20.

9. До клітинки A21 введіть слово – «Середні», а до комірки A22 – «значення».

До клітинки B21 введіть формулу $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$.

B21 → «=B19/\$A\$18».

В останній формулі при копіюванні необхідно зберегти посилання на одну й ту саму конкретну клітинку A18 (кількість дослідів) – абсолютна адресація. Перед буквою стовпця й номером рядка слід вставити символ \$ (можна після вставки відносної адреси A18 натиснути F4, тоді символи \$ вставляються автоматично). Потім скопіюємо формулу клітинки B21 до комірки C21 та знайдемо \bar{y} .

Середнє значення \bar{x} можна обчислити, використовуючи стандартну функцію з категорії «Статистические». Для цього до клітинки B22 необхідно ввести формулу «=СРЗНАЧ(B4:B18)» та

скопіювати її (клітинку B22) до комірки C22. В клітинці C22 повинна з'явитися формула «=СРЗНАЧ(С4:С18)».

Значення в клітинках B21 та B22 (а також в комірках C21 і C22) повинні бути однакові.

10. Обчислення дисперсій $\sigma_x^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 - \bar{x}^2$, $\sigma_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 - \bar{y}^2$ і

середніх квадратичних відхилень σ_x і σ_y .

До клітинки A23 введіть слово – «Дисперсії».

До комірки B23 → σ_x^2 , до клітинки C23 → σ_y^2 .

Для введення грецької букви σ введіть латинську букву «s», виділіть її й оберіть шрифт **Symbol**.

В комірки B24 і C24 введіть відповідно формули для обчислення σ_x^2 та σ_y^2 :

B24 → «=D19/\$A\$18–B21^2»; C24 → «=E19/\$A\$18–C21^2».

Другу формулу можна не вводити, а скопіювати комірку B24 до клітинки C24.

Далі до клітинки A25 введіть слово – «Середні».

До клітинки A26 → «квадратич.», до комірки A27 → «відхилення».

До комірки B25 введіть текст « σ_x », до клітинки C25 → « σ_y ».

До комірки B25 введіть формулу «=КОРЕНЬ(B24)». Потім скопіюйте цю формулу до клітинки C26.

11. Обчислення коефіцієнту кореляції.

До комірки A28 введіть текст – «Коефіцієнт кореляції r».

До комірки D28 введіть формулу для обчислення коефіцієнту

кореляції $r = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \cdot \bar{y}}{n \sigma_x \sigma_y}$, а саме:

D28 → «=(F19–\$A\$18*B21*C21)/(\$A\$18*B26*C26)».

В клітинці E28 обчисліть коефіцієнт кореляції за допомогою функції «КОРРЕЛ» з категорії «Статистические».

Комірка E28 → «=КОРРЕЛ(B4:B18;C4:C18)».

Значення коефіцієнту кореляції у клітинках D28 і E28 повинні бути однакові.

12. Обчисліть коефіцієнти **a** і **b** лінійного наближення $y = ax + b$.

До комірки A29 введіть текст – $y = ax + b$, до комірки B29 → «a», до клітинки C29 → «b».

До комірки B30 введіть формулу для обчислення коефіцієнта $a = r \frac{\sigma_y}{\sigma_x}$, а саме:

B30 → «=D28*C26/B26».

До комірки C30 введіть формулу для обчислення коефіцієнта $b = \bar{y} - a\bar{x}$, а саме:

C30 → «=C21-B30*B21».

Коефіцієнти **a** та **b** можна обчислити за допомогою функції «**ЛИНЕЙН**» з категорії «*Статистические*». Ця функція повертає параметри лінійного наближення за методом найменших квадратів.

До клітинки B31 введіть формулу «=ЛИНЕЙН(C4:C18;B4:B18)». При такому записі формули в клітинки B31 обчислюється коефіцієнт **a**.

Для того, щоб отримати коефіцієнт **b**, цю формулу необхідно задати у вигляді масиву. Для цього виділіть комірки B31:C31, натисніть F2, а потім Ctrl+Shift+Enter. Тоді формула буде укладена у фігурні дужки «{=ЛИНЕЙН(C4:C18;B4:B18)}» та в клітині C31 з'явиться значення коефіцієнта **b**. Величини **a** у комірках B30 і B31 повинні бути рівні. Величини **b** у ячейках C30 та C31 також повинні бути рівні.

13. Додайте в побудовану раніше таблицю стовпці, у яких будуть обчислені розрахункові значення $y_{расч}$ за формулою $y_i = ax_i + b$ в комірках G4:G18 та за допомогою функції «**ТЕНДЕНЦИЯ**» з категорії формул «*Статистические*» у комірках H4:H18.

До клітинок G3 та H3 введіть текст « $y_{расч}$ ».

До клітинки G4 введіть формулу →

«=B\$30*B4+\$C\$30». Потім скопіюйте цю формулу до клітинок G4:G18.

До клітинки H4 введіть формулу →

«=ТЕНДЕНЦИЯ(C4:C18;B4:B18)». Потім виділіть діапазон клітинок H4:H18, натисніть F2 и Ctrl+Shift+Enter.

Значення $y_{расч}$ у двох стовпцях повинні бути однакові.

14. Змініть формат клітинок G4:H18. Для цього виділіть діапазон комірок G4:H18, натисніть праву кнопку миші, оберіть «*Формат ячеек*» в меню програми, далі «*Число*», «*числовой формат*» – «*Числовой*», «число десятичных знаков» – 1 та натисніть кнопку «**ОК**».

15. Додайте ще два стовпці до побудованої раніше таблиці.

В клітинку I3 введіть текст → ε_i , а в комірку J3 → $|\varepsilon_i|$.

В комірку I4 введіть формулу для обчислення $\varepsilon_i = \frac{y_i - y_{расч}}{y_i}$, а

саме:

I4 → «=(C4-G4)/C4».

До комірки J4 → «=abs(I4)».

Скопіюйте комірки I4:J4 до діапазону клітинок I5: J18.

В клітинку I19 введіть текст $\varepsilon_{cp}, \%$.

До комірки J19 введіть формулу → «=CPЗНАЧ(J4:J18)».

Змініть формат клітинки J19. Для цього натисніть праву кнопку миші, оберіть «Формат ячеек», «Число», «числовые форматы» – «процентный» и нажміть ОК.

16. Виділіть діапазон клітинок G3:J19 та намалюйте границі таблиці.

17. Оберіть пункт меню «Файл», команду «Предварительный просмотр». Після попереднього перегляду на робочому аркуші пунктирною лінією будуть відзначені границі аркуша. Якщо таблиця не розміщується у межах аркуша, зменшить ширину стовпців. Для цього підведіть курсор миші до заголовків стовпців, на границі між колонками з'явиться знак «↔», рухайте його для зміни ширини стовпців.

18. Виділіть діапазон клітин A20:E31 та намалюйте границі таблиці.

19. Побудуйте графік функції $y = ax + b$. На цьому ж графіку нанесіть і дослідні значення y_i .

Для цього оберіть «Мастер диаграмм» (клацніть по кнопці «Мастер диаграмм» стандартної панелі інструментів).

Прямуйте вказівкам «Мастера диаграмм» у кожному діалоговому вікні, яке виникає послідовно після натискання екранних кнопок «Далее» > (або «Шаг» > для ранніх версій). Якщо у цьому виникне необхідність формат діаграмі або її тип при подальшій роботі можна буде змінити.

Крок 1. Клацанням миші оберіть тип діаграми «Точечная», а «Вид» «кривая с точками». Натисніть кнопку – «Далее».

Крок 2. У вікні, що з'явилося, оберіть «Ряд», потім «Добавить».

В позиції «Имя» введіть текст → «Дослідні значення».

В позиції «Значения x» вкажіть діапазон x_i → B4:B18.

В позиції «Значения y» вкажіть діапазон y_i → C4:C18.

Потім ще раз натисніть кнопку «Добавить».

«Имя» → «Розрахункові дані».

«Значения x» → B4:B18;

«Значения y» → G4:G18.

Натисніть «Далее».


Крок 3. Параметри діаграми.

У вікні «Название диаграммы» введіть → « $y = f(x)$ ».

У вікні «Ось x» → «x». У вікні «Ось y» → «y».

Додайте (якщо їх немає) лінії сітки для значень по осі X. Для цього в меню «Диаграмма» оберіть пункт «Параметры диаграммы» і на вкладці «Линии сетки» клацніть по пункту «Ось X» поставте галочку на пункті «основные линии», після чого натисніть кнопку «ОК».

Як правило, вид створеної діаграми майстром діаграм буває незадовільним, тому діаграму треба відформатувати під власні потреби.



20. Виконайте форматування діаграми у відповідності із наступними вказівками:

20.1 Клацніть мишею по області діаграми. Область діаграми виділиться чорною рамкою, по кутах якої й у середині сторін є чорні квадратики – розмірні маркери. Крім того в меню **Excel** додасться пункт «*Диаграмма*».

Для зміни розмірів діаграми необхідно буксирувати розмірні маркери. Перед буксируванням необхідно навести покажчик миші на один з розмірних маркерів. Покажчик миші при цьому прийме вигляд двоспрямованої стрілки (\leftrightarrow). Після чого необхідно натиснути ліву клавішу миші й переміщати (буксирувати) маркер. Буксирування маркера, розташованого в середині сторони, дозволяє змінювати горизонтальні й вертикальні розміри діаграми. Буксирування кутового маркера дозволяє змінювати одночасно вертикальні й горизонтальні розміри.

20.2 Перемістіть графік під таблицю розрахунків. Для переміщення діаграми необхідно навести покажчик миші на область діаграми (покажчик прийме вид білої стрілки, спрямованої під кутом та вказівною на всебічно спрямовані стрілки) і відбуксирувати її на нове місце.

20.3 Діаграма складається з декількох елементів. До них, зокрема, відносять:

- область діаграми (увесь графік)
- область побудови діаграми
- легенда
- ряди даних
- назви осей

Для редагування елемента його необхідно виділити. Це можна зробити натисканням стрілок переміщення курсору \uparrow \downarrow на клавіатурі, або одиночним клацанням лівої клавіші миші по відповідному елементу. При виділенні в полі імені (крайнє ліве поле в рядку формул) з'являється назва елемента. Виділений елемент відзначається розмірними маркерами.

Редагування виділеного елемента здійснюється через меню «*Формат*», у якому з'являється пункт для редагування відповідного елемента, або натисканням клавіатурної комбінації **Ctrl+1**, яка дозволяє зробити форматування поточної клітинки, діапазону, елемента діаграми або об'єкта.

Виділений елемент можна переміщати, міняти його розміри методом буксирування, а також видаляти, якщо натиснути клавішу **Delete**.

За допомогою миші перетягніть назви осей (вісь x вправо, вісь y – нагору.). Вісь y крім того необхідно перевернути. Для цього натисніть праву кнопку миші, оберіть «*Формат названня осей*», «*Выравнивание*», «*0 градусов*» и «*ОК*».

Змініть розміри області побудови діаграми так, щоб вона займала максимальний розмір усередині області діаграми.

Уведіть курсор миші в область графіка. Натисніть праву кнопку миші й оберіть «*Формат області побудови*». У вікні, що відкрилося, виберіть «*Заливка прозора*».

Відформатуйте осі x і y так, щоб графік займав усю область побудови діаграми.

Підведіть мишку до осі x і натисніть праву кнопку. Виберіть «*Формат осі*», вкладка «*Шкала*». Змініть мінімальне й максимальне значення та ціну основних поділів, якщо це потрібно. Теж саме проробіть із віссю y .

Подивіться інші вкладки у вікні форматування осі. Можливо виникне необхідність змінити й інші параметри та зовнішній вигляд елементів осі.

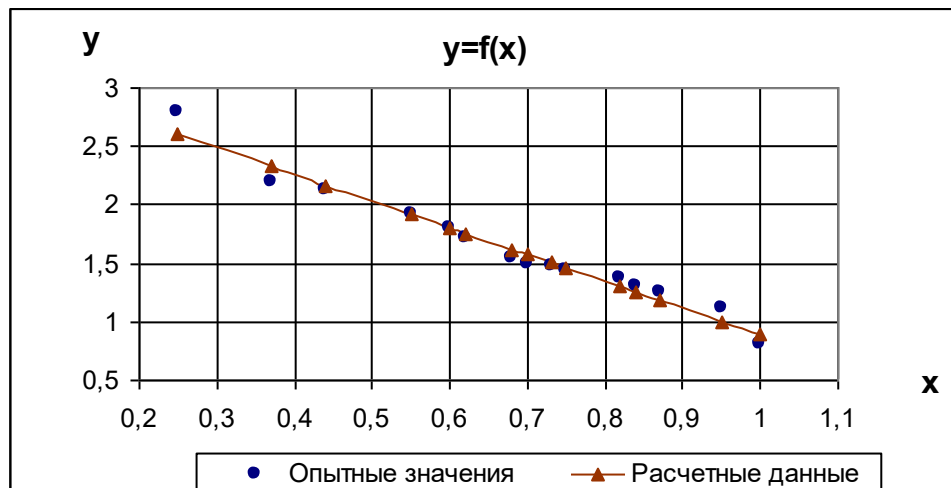
Легенду перетягніть униз і збільште завширшки та зменшить по висоті.

Потім змініть вид діаграми для дослідних значень на крапкову (без ліній).

Результати роботи наведені нижче:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1			Кореляція							
2										
3	№ п/п	X_i	Y_i	X_i^2	Y_i^2	$X_i Y_i$	$Y_{i\text{расч}}$	$Y_{i\text{расч}}$	ε_i	$ \varepsilon_i $
4	1	0,25	2,8	0,0625	7,84	0,7	2,6	2,6	0,0703	0,0703
5	2	0,37	2,2	0,1369	4,84	0,814	2,3	2,3	-0,0586	0,0586
6	3	0,44	2,12	0,1936	4,4944	0,9328	2,2	2,2	-0,0230	0,0230
7	4	0,55	1,92	0,3025	3,6864	1,056	1,9	1,9	0,0014	0,0014
8	5	0,6	1,8	0,36	3,24	1,08	1,8	1,8	-0,0017	0,0017
9	6	0,62	1,71	0,3844	2,9241	1,0602	1,8	1,8	-0,0276	0,0276
10	7	0,68	1,55	0,4624	2,4025	1,054	1,6	1,6	-0,0452	0,0452
11	8	0,7	1,5	0,49	2,25	1,05	1,6	1,6	-0,0496	0,0496
12	9	0,73	1,47	0,5329	2,1609	1,0731	1,5	1,5	-0,0243	0,0243
13	10	0,75	1,45	0,5625	2,1025	1,0875	1,5	1,5	-0,0069	0,0069
14	11	0,82	1,37	0,6724	1,8769	1,1234	1,3	1,3	0,0511	0,0511
15	12	0,84	1,31	0,7056	1,7161	1,1004	1,3	1,3	0,0425	0,0425
16	13	0,87	1,25	0,7569	1,5625	1,0875	1,2	1,2	0,0514	0,0514
17	14	0,95	1,12	0,9025	1,2544	1,064	1,0	1,0	0,1046	0,1046
18	15	1	0,8	1	0,64	0,8	0,9	0,9	-0,1106	0,1106
19	Сума	10,17	24,37	7,5251	42,9907	15,083			$\varepsilon_{\text{пд}}, \%$	4,46%
20		\bar{x}	\bar{y}							
21	Середні	0,678	1,6247							
22	значення	0,678	1,6247							
23	Дисперсії	σ_x^2	σ_y^2							
24		0,042	0,2265							
25	Середні	σ_x	σ_y							

26	квадратич.	0,2049	0,4759							
27	відхилення									
28	Коефіцієнт кореляції $r =$			-0,9844	-0,9844					
29	$y=ax+b$	a	b							
30		-2,2862	3,1747							
31		-2,2862	3,1747							



Варіанти індивідуальних завдань

Оцінити зв'язок між двома параметрами, одержати рівняння лінії регресії, побудувати графік лінії регресії й зробити порівняння дослідних і розрахункових даних відповідно до варіантів індивідуального завдання (таблиця 2.1) для значень параметрів, наведених у таблиці 2.2.

Виконати завдання з використанням електронних таблиць EXCEL.

Таблиця 2.1 – Варіанти індивідуальних завдань

№ вар.	Номера параметрів		№ вар.	Номера параметрів		№ вар.	Номера параметрів		№ вар.	Номера параметрів	
	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	1	2	8	7	8	15	4	8	22	6	7
2	3	2	9	3	8	16	3	9	23	7	8
3	4	2	10	5	8	17	4	9	24	1	7
4	5	2	11	6	7	18	5	9	25	8	9
5	6	2	12	1	7	19	1	9	26	10	9
6	4	7	13	1	8	20	6	9	27	10	7
7	5	7	14	6	8	21	7	9	28	10	8

Таблиця 2.2 – Значення параметрів процесу прокатки

№ вим.	Номер параметра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	12	3,5	5,0	1120	1,0	0,08	155	146	10,5	0,14
2	16	4,9	6,3	1050	1,4	0,15	186	180	14,3	0,18
3	21	6,2	8,0	1020	1,9	0,25	224	220	18,6	0,22
4	24	7,3	8,0	990	2,2	0,32	246	240	20,1	0,25
5	26	7,7	8,0	970	2,4	0,36	252	250	23,2	0,27

Продовження таблиці 2.2

6	28	8,5	12,5	960	2,5	0,40	270	270	26,1	0,29
7	32	9,5	12,5	950	2,9	0,45	275	310	29,3	0,33
8	35	10,6	12,5	940	3,2	0,45	285	350	34,7	0,37
9	40	12,2	20,0	920	3,6	0,45	300	370	38,3	0,41
10	45	13,3	20,0	925	4,0	0,50	316	350	39,5	0,46
11	38	11,6	20,0	930	3,9	0,60	394	330	40,1	0,39
12	18	5,2	6,3	1030	2,1	0,30	210	190	20,3	0,19
13	10	3,1	5,0	1150	1,5	0,20	148	130	12,4	0,11
14	25	7,4	8,0	980	2,5	0,32	248	250	18,3	0,25
15	30	9,0	12,5	950	2,7	0,40	270	290	24,2	0,32

Питання для контролю знань

1. Поясніть зміст та назвіть характерні значення коефіцієнту кореляції.
2. Поясніть термін регресія та назвіть можливі види регресійних залежностей.
3. Якщо кореляція характеризує статистичний взаємозв'язок незалежних величин, як враховувати функціональну залежність (за наявності) між ними?
4. Як впливає наявність похибок вимірювання на коефіцієнт кореляції між випадковими величинами?
5. Переваги та недоліки множинної регресії.
6. Які програмні продукти з статистичними функціями, крім Excel, можуть застосовуватись для аналізу залежностей між величинами?

Лабораторне заняття №3 МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ

Загальні теоретичні відомості

Метрологічне забезпечення виробництва передбачає оснащення обладнання, задіяного у технологічних процесах, відповідними засобами вимірювальної техніки, визначення потреби у таких засобах, організацію обліку, повірки та, у разі потреби, ремонту цих засобів.

Від точності вимірювань технологічних параметрів залежить як робота обладнання так і якість продукції. Підвищення вимог до якості продукції вимагає перш за все підвищення точності вимірювань. Тому в метрології, точніше метрологічному забезпеченні виробництва, використовують наступне правило (третьої постулат):

точність вимірювань повинна бути на порядок вище необхідної точності визначення фізичної величини.

Тобто, клас точності приладів, що використовуються для контролю технологічних параметрів, повинен бути на порядок вище за необхідну точність. Наприклад, якщо вага шихтових матеріалів для

металургійного агрегату повинна визначатися із точністю до 10 кг, то ваги, за допомогою яких виконують дозування повинні виконувати зважування з точністю не більше ± 1 кг.

Для кожного з параметрів технологічного процесу, які підлягають контролю, і кожного параметру продукції, контроль яких передбачено стандартами на цю продукцію, повинні бути чітко визначені засоби вимірювальної техніки. Зазвичай для кожного технологічного процесу складають таблицю метрологічного забезпечення, де вказують:

- параметри, що підлягають контролю;
- можливі межі зміни кожного з параметрів;
- засоби вимірювальної техніки, які використовуються для контролю кожного з параметрів;
- межі вимірювань цих засобів;
- клас точності цих засобів.

Методика проведення заняття

Відповідно до змісту заняття передбачено спільне виконання завдань всією групою (окремими підгрупами). На першому етапі обирається відповідний виробничий процес.


Наприклад, продувка кисневого конвертера, процес «піч-ківш», вакуумування або інше. Для обраного виробничого процесу визначаються основні технологічні операції та їх параметри, які потрібно контролювати. Для цього у звіті наводять поопераційну структуру процесу (у вигляді тексту, діаграми або рисунку). При описанні виробничого процесу для кожної операції наводять характерні технологічні параметри, які підлягають обов'язковому контролю. Всі визначені параметри зводяться до таблиці 3.1.

Для кожного з таких технологічних параметрів та показників продукції визначаються можливі межі зміни та необхідна точність вимірювань (максимальна похибка).

Далі, для кожного контрольованого параметру обираються засоби вимірювань та їх метрологічні характеристики (межі вимірювань, клас точності та ін.), які наводяться в таблиці. Дані, що стосуються засобів вимірювань отримують з технологічних інструкцій, технічної документації встановленого обладнання або з вільних джерел глобальної мережі Інтернет.

Таблиця 3.1 – Метрологічне забезпечення ...

Контрольований параметр	Одиниці вимірюв.	Технологічні вимоги			Забезпечення вимірювань			
		межі зміни	припустима затримка	гранична похибка	назва засобу	межі вимірювань	загальна похибка	клас точності
<i>Температура чавуну</i>								
<i>Витрати кисню</i>								



Завдання заняття вважається виконаним, якщо для всіх контрольованих параметрів виробничого процесу будуть визначені засоби вимірювань та їх метрологічні характеристики.

Питання для контролю знань

1. Поясніть термін «метрологічне забезпечення виробничого процесу».
2. Як співвідносяться допустима похибка визначення параметру та клас точності засобу вимірювань?
3. Яким чином підтверджується клас точності засобу вимірювань?
4. Що включають засоби вимірювань?
5. Чи відноситься система автоматичного регулювання до засобів вимірювання?

Лабораторне заняття №4 ПЕРЕВІРКА СТАТИСТИЧНИХ ГІПОТЕЗ

Загальні теоретичні відомості

Для прийняття рішень (управлінських або технологічних) на основі результатів вимірювань, як певної сукупності значень величини, виникає потреба перевірки певних гіпотез.

Статистичною гіпотезою називають будь-яке твердження стосовно розподілу випадкової величини.

На практиці, у більшості випадків, перевіряють певну просту гіпотезу, тобто таку, для якої розподіл визначається однозначно. Зазвичай розглядають так звану «нульову гіпотезу» H_0 , яка суперечить теоретичному припущенню, яке необхідно довести. Якщо нульова гіпотеза не підтверджується, то вважають, що справедлива «альтернативна гіпотеза» H_1 . Дані, які дозволяють досліднику відкинути нульову гіпотезу, називають «успішними даними».

Найбільш поширеним є використання параметричних тестів оснований на нормальному законі розподілення. Прикладом такого тесту є перевірка гіпотези про еквівалентність (статистичну однаковість) середніх двох вибірок з генеральної сукупності за t-критерієм Стьюдента.

Для вибірок значного об'єму з відомими і статистично однаковими дисперсіями t-критерій визначають з залежності

$$t = \frac{|\bar{x}_A - \bar{x}_B|}{\sqrt{\frac{\sigma_A^2}{n_A} + \frac{\sigma_B^2}{n_B}}},$$

де \bar{x}_A , \bar{x}_B – середні вибірок А та В;

σ_A^2 , σ_B^2 – дисперсії для вибірок (відповідно А та В);

n_A, n_B – обсяги вибірок (кількість значень у кожній з вибірок), відповідно А та В.

Для m груп однакового обсягу цей критерій матиме t -розподіл з числом степенів свободи $m \cdot (n - 1)$.

У випадках вибірок невеликого обсягу або різного обсягу, за умови однакових дисперсій, для визначення загальної дисперсії визначають середньоквадратичне відхилення вибірок

$$\sigma^2 = \frac{\sigma_A^2 \cdot n_A + \sigma_B^2 \cdot n_B}{n_A + n_B - 2},$$

а t -критерій розраховують як

$$t = \frac{|\bar{x}_A - \bar{x}_B|}{\sigma \cdot \sqrt{\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B}}}.$$

Розрахований таким чином критерій має розподіл Стюдента з числом степенів свободи $k=n_A+n_B-2$.

Якщо для вибірок дисперсії невідомі і необов'язково однакові, застосовують t -критерій Уелча, який розраховують за вибірковими дисперсіями

$$t = \frac{|\bar{x}_A - \bar{x}_B|}{\sqrt{\frac{\sigma_A^2}{n_A} + \frac{\sigma_B^2}{n_B}}}. \quad (4.1)$$

Ця статистика має розподіл Стюдента з числом степенів свободи, яке визначають з залежності

$$d = \frac{\left(\frac{\sigma_A^2}{n_A} + \frac{\sigma_B^2}{n_B}\right)^2}{\frac{\sigma_A^4}{n_A^2(n_A-1)} + \frac{\sigma_B^4}{n_B^2(n_B-1)}}. \quad (4.2)$$

Ще одним поширеним прикладом з перевірки статистичних гіпотез є вирішення про рівність дисперсій вибірок. Таку перевірку виконують застосовуючи критерій (розподіл) Фішера. Нульова гіпотеза про несуттєву різницю дисперсій $H_0: \sigma_A^2 = \sigma_B^2$ підтверджується за умови

$$F = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_B^2} < F_{cr}(\alpha; (n_A-1); (n_B-1)).$$

Це означає, що різниця між дисперсіями є несуттєвою, так як не перевищує критичного значення критерію.

Методика проведення заняття

Розглянемо приклад перевірки гіпотез про однаковість середніх та стандартних відхилень, використовуючи дані таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані (значення вибірок)

N	a	b	c	d	e	f
1	0,32	0,36	0,34	0,32	0,12	0,09
2	0,23	0,3	0,33	0,34	0,12	0,11
3	0,59	0,44	0,36	0,35	0,1	0,11
4	0,1	0,14	0,11	0,11	0,12	0,1
5	0,24	0,22	0,28	0,33	0,13	0,13
6	0,05	0,13	0,07	0,14	0,1	0,13
7	0,24	0,31	0,21	0,31	0,11	0,12
8	0,32	0,32	0,32	0,38	0,11	0,12
9	0,28	0,29	0,28	0,33	0,1	0,1
10	0,39	0,4	0,54	0,44	0,08	0,05
11	0,07	0,07	0,22	0,19	0,13	0,11
12	0,27	0,32	0,18	0,28	0,1	0,11
13	0,14	0,13	0,08	0,1		
14	0,28	0,34	0,29	0,44		

Першою перевіримо гіпотезу: середні значення вибірок, наведених в масивах 1 та 2, утворених стовпцями (a, b) та (d, c), є статистично однаковими.

Для перевірки цієї гіпотези обчислюємо середні значення цих масивів, використовуючи функцію AVERAGE (CP3HAЧ). Середні значення масивів дорівнюють 0,260 та 0,274. Також визначаємо стандартні відхилення для цих масивів, за допомогою функції STDEV.S (СТАНДОТКЛОН.В, відповідно отримуємо 0,125 та 0,118.

Далі розраховуємо t-критерій за формулою 4.1. Розраховане значення становить 0,417. Так як обсяги вибірок однакові, по 28 значень, то обчислювати число ступенів свободи за формулою 4.2 нема потреби. Скористаємось простішою залежністю $k = n_A + n_B - 2$, тобто $k = 28 + 28 - 2 = 54$.

Критичне значення t-критерію визначаємо використовуючи функцію T.INV.2T (СТЬЮДЕНТ.ОБР.2Х), задаючись рівнем значимості $\alpha = 0,05$ та числом ступенів свободи 54. Враховуючи двобічний розподіл, функцію записуємо у вигляді T.INV.2T(0,025;54) (СТЬЮДЕНТ.ОБР.2Х(0,025;54)). В результаті отримуємо критичне значення 2,306.

Так як розраховане значення t-критерію не перевищує критичного $t = 0,417 < t_{cr} = 2,306$, нульова гіпотеза підтверджується, тобто середні

значення вибірок є статистично однаковими (різниця значень несуттєва).

Другу гіпотезу, що перевіряється, сформулюємо як: дисперсії вибірок відрізняються несуттєво. Для розрахунку критерію Фішера використаємо формулу 4.3. В чисельнику зазвичай розміщують більшу з дисперсій. В результаті отримуємо значення

$$F = \frac{0,125}{0,118} = 1,056.$$

Критичне значення критерію Фішера визначаємо використовуючи функцію $F.INV.RT(\alpha;(n_1-1);(n_2-1))$ ($F.OБР.ПХ(\alpha;(n_1-1);(n_2-1))$).

Прийнявши ймовірність (рівень значимості) 0,05, для степенів свободи (28-1), отримаємо $F_{cr}=1,905$.

Так як $F = 1,056 < F_{cr} = 1,905$, різниця між дисперсіями двох вибірок є несуттєвою.

Заняття включає виконання здобувачами завдань за індивідуальними завданнями відповідно до умов варіантів, наведених в таблиці 4.2. Результати виконання завдань представляються в довільній формі у вигляді звіту, що включає роздрукованого листа Excel з результатами розрахунків.

Таблиця 4.2 – Умови індивідуальних завдань

Дані для аналізу:	Номер варіанту											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
стовпчики табл 4.1	a,b	a,c	a,d	a,e	a,f	b,d	b,c	b,e	e,f	b,f	c,d	d,e

Питання для контролю знань

1. Поясніть зміст терміну «рівень значимості» в статистиці і як його застосовують при перевірці статистичних гіпотез?
2. Поясніть фізичний зміст t-критерію Стьюдента.
3. Які статистичні функції Excel використовують при перевірці гіпотези про однаковість середніх вибірок?
4. Які статистичні функції Excel використовують при перевірці гіпотези про однаковість дисперсій вибірок?
5. Якщо розрахований критерій Фішера перевищує критичне значення, що це означає (які висновки може зробити дослідник?)

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

**ДІДЖИТАЛІЗАЦІЯ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО
ВИРОБНИЦТВА**

**ЗВІТ
З ВИКОНАННЯ**

ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ №1

Виконав:

студент гр. 136С-22-1м

Петро ПЕТРЕНКО

Перевірів:

к.т.н., доцент каф. БГП

Максим ШТОДА

Запоріжжя 2023