

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка »

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до практичних робіт з дисципліни
«КВАЛІМЕТРІЯ І СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ»
для студентів спеціальності 152
«Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»
денної та заочної форм навчання

Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Кваліметрія і системи управління якістю» для студентів спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка» денної та заочної форм навчання /Укл.: С.М. Степаненко, Г.В. Сніжної – Запоріжжя: НУ “Запорізька політехніка”, 2022 – 47 с.

Укладачі: С.М. Степаненко, доц., канд.техн.наук
Г.В. Сніжної, доцент, канд. фіз.-мат. наук., д-р
техн. наук, завідувач кафедри мікро- та наноелектроніки

Рецензент: О.В.Томашевський, доц., канд.техн.наук

Відповід.
за випуск: А.В.Коротун, доц., канд.фіз.-мат.наук

Затверджено
на засіданні кафедри
мікро- та наноелектроніки
Протокол №5
від «20» грудня 2021 р.

Рекомендовано до видання
НМК ФРЕТ
Протокол №6
від «27» січня 2022 р.

ЗМІСТ

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1 «ОДИНИЧНІ ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ПРОМИСЛОВОЇ ПРОДУКЦІЇ».....	5
1.1 Мета роботи.....	5
1.2 Методичні вказівки до виконання роботи.....	5
1.3 Завдання до практичної роботи	6
1.4 Зміст звіту.....	6
1.5 Контрольні запитання	7
ПРАКТИЧНА РОБОТА №2 «ПОБУДОВА БАГАТОРІВНЕВОЇ СТРУКТУРИ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ З ЗАЛУЧЕННЯМ ЕКСПЕРТНОЇ ГРУПИ».....	8
2.1 Мета роботи.....	8
2.2 Методичні вказівки до виконання роботи.....	8
2.3 Завдання до практичної роботи	13
2.4 Зміст звіту.....	14
2.5 Контрольні запитання.....	14
ПРАКТИЧНА РОБОТА №3 «МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ОДИНИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ. ШКАЛИ ВИМІРЮВАНЬ»	16
3.1 Мета роботи.....	16
3.2 Методичні вказівки до виконання завдання.....	16
3.3 Завдання до практичної роботи	19
3.4 Зміст звіту.....	20
3.5 Контрольні запитання.....	21
ПРАКТИЧНА РОБОТА №4 «ЕКСПЕРТНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ВАГОМОСТІ ОДИНИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ. МЕТОД ПЕРЕВАГИ І МЕТОД РАНГУ».....	22
4.1 Мета роботи.....	22
4.2 Методичні вказівки до виконання завдання.....	22
4.3 Завдання до практичного заняття	23
4.4 Зміст звіту.....	25

4.5 Контрольні запитання	25
ПРАКТИЧНА РОБОТА №5 «ВИКОРИСТАННЯ ШКАЛИ НАЙМЕНУВАНЬ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ КВАЛІМЕТРИЧНИХ ЗАВДАНЬ»	26
5.1 Мета роботи.....	26
5.2 Методичні вказівки до виконання завдання.....	26
5.3 Завдання до лабораторної роботи	32
5.4 Зміст звіту	32
5.5 Контрольні запитання	32
ПРАКТИЧНА РОБОТА №6 «СТАТИСТИЧНИЙ ЗВ'ЯЗОК МІЖ ПОКАЗНИКАМИ, ЯКІ ВИМІРЯНІ ЗА ШКАЛАМИ НАЙМЕНУВАНЬ»	33
6.1 Мета роботи.....	33
6.2 Методичні вказівки до виконання роботи.....	33
6.3 Завдання до практичної роботи	37
6.4 Зміст звіту	40
6.5 Контрольні запитання	40
ПРАКТИЧНА РОБОТА №7 «ЯКІСТЬ І КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЬ ВИРОБІВ»	42
7.1 Мета роботи.....	42
7.2 Методичні вказівки до виконання роботи.....	42
7.3 Завдання до практичної роботи	44
7.4 Зміст звіту	46
7.5 Контрольні запитання	46
ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	47

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

«ОДИНИЧНІ ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ПРОМИСЛОВОЇ ПРОДУКЦІЇ»

1.1 Мета роботи

Метою даної роботи є вивчення існуючих показників якості продукції та навчитися виявляти одиничні показники якості.

1.2 Методичні вказівки до виконання роботи

Якість продукції - сукупність властивостей і характеристик продукції або послуги, які надають їм здатність задовольняти обумовлені або передбачувані потреби [1]. Виміри якості прийнято називати показниками якості. Кожен показник якості, будучи кількісною характеристикою однієї з властивостей об'єкту, повинен відображати здатність цього об'єкту задовольняти суспільні потреби в конкретних умовах. Таким чином, при формуванні будь-якого показника якості необхідно враховувати наступні компоненти якості: суспільну потребу (СП); конкретні умови (КУ); об'єкт (О) і ступінь задоволення потреби (СЗП). Показник якості повинен давати відповідь на питання: якою мірою даний об'єкт (явище) має властивість (здатність) задовольняти суспільну потребу (інтерес, цінність)?

Показники, які виражають прості властивості, тобто такі, які можна безпосередньо виміряти, називають «одиничними». Всі інші показники, що розраховуються за одиничними, називають «комплексними».

Для виявлення показників якості об'єкту експертизи використовують такі джерела:

- 1) технічну документацію на об'єкт експертизи;
- 2) стандарти та інші методичні документи, що регламентують вимоги до об'єкту експертизи;
- 3) ГОСТ 22851-77 «Вибір номенклатури показників якості промислової продукції»;
- 4) літературу з питань експлуатації об'єкту експертизи або об'єктів аналогічного призначення;

- 5) дані вивчення ринку споживчого попиту і прогностичні дані, що стосуються очікуваних вимог споживачів;
 6) опитування експертів.

1.3 Завдання до практичної роботи

- а. Ознайомитися з методичними вказівками до виконання даної роботи.
 б. Сформулювати експертні групи з 5-6 чоловік (До експертної групи можна залучити одногрупників в університеті, друзів, родичів).
 в. Вибрати об'єкт експертизи (це може бути предмет побутової техніки, косметичний чи гігієнічний засіб, ювелірні вироби, інструмент, взуття, книга, кондитерські вироби, кава, дитяче харчування, дитячий конструктор, барометр, велосипед, автомобіль тощо). Підказку щодо номенклатури параметрів якості вибраного об'єкту експертизи можна знайти у Інтернеті.
 г. Виявити одиничні показники якості об'єкту експертизи, використовуючи вищевказані джерела.
 д. Визначити виміри показників якості (в одиницях фізичних величин або в безрозмірних одиницях).
 е. Результати оформити у вигляді таблиці 1.1.
 ж. Проаналізувати отримані дані і зробити висновки по роботі.
 з. Відповісти на контрольні питання.

Таблиця 1.1 – Зведена таблиця

№	Одиничні показники якості	Заходи
1	2	3

1.4 Зміст звіту

Звіт, який оформлюється згідно стандарту [2], повинен містити тему роботи та наступні розділи:

- а. Мета роботи.
 б. Завдання до роботи.
 в. Хід виконання роботи.
 г. Відповіді на контрольні запитання
 д. Висновок.

Якщо у тексті звіту використовуються посилання на літературні джерела, вони вказуються порядковим номером, взятим у квадратні дужки, а в кінці звіту розміщується розділ «ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ», у якому дається опис джерел .

1.5 Контрольні запитання

- а. Дайте визначення терміну «якість продукції».
- б. Дайте визначення терміну «показник якості продукції».
- в. Розкрийте поняття терміна «одиничний показник якості».
- г. Розкрийте поняття терміна «комплексний показник якості».
- д. На яке питання повинні відповідати показники якості продукції?
- е. Які джерела використовуються для виявлення одиничних показників якості продукції?
- ж. Наведіть приклади одиничних показників якості, які можуть бути використані для характеристики якості автомобіля. Яку суспільну потребу здатний задовольняти кожен з названих показників?
- з. Наведіть приклади одиничних показників якості, які можуть бути використані для характеристики якості мобільного телефону. Яку суспільну потребу здатний задовольняти кожен з названих показників?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2

«ПОБУДОВА БАГАТОРІВНЕВОЇ СТРУКТУРИ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ З ЗАЛУЧЕННЯМ ЕКСПЕРТНОЇ ГРУПИ»

2.1 Мета роботи

Метою роботи є знайомство з номенклатурними групами показників якості продукції та отримання навички побудови багаторівневої структури показників якості, використовуючи «метод угруповань».

2.2 Методичні вказівки до виконання роботи

2.2.1 Для всебічної характеристики якості продукції в кваліметрії використовується багаторівнева структура показників якості, яку називають ієрархічним «деревом властивостей».

При побудові «дерева властивостей» якість, як найбільш узагальнена, комплексна властивість продукції, розкладається на сукупність простих, одиничних показників якості шляхом послідовного багаторівневого поділу («декомпозиції») кожної складнішої властивості на групу менш складних.

У загальному вигляді "дерево властивостей" має вигляд, представлений на рисунку 2.1.

При побудові «дерева властивостей» найбільш загальні властивості, що становлять другий рівень, можна сформувати, використовуючи номенклатуру показників якості однорідної продукції, які можна поділити на 10 груп [1]:

- 1) показники призначення;
- 2) показники надійності;
- 3) показники технологічності;
- 4) показники уніфікації;
- 5) патентно-правові показники;
- 6) ергономічні показники;
- 7) естетичні показники;
- 8) показники транспортабельності;
- 9) показники безпеки;
- 10) екологічні показники.

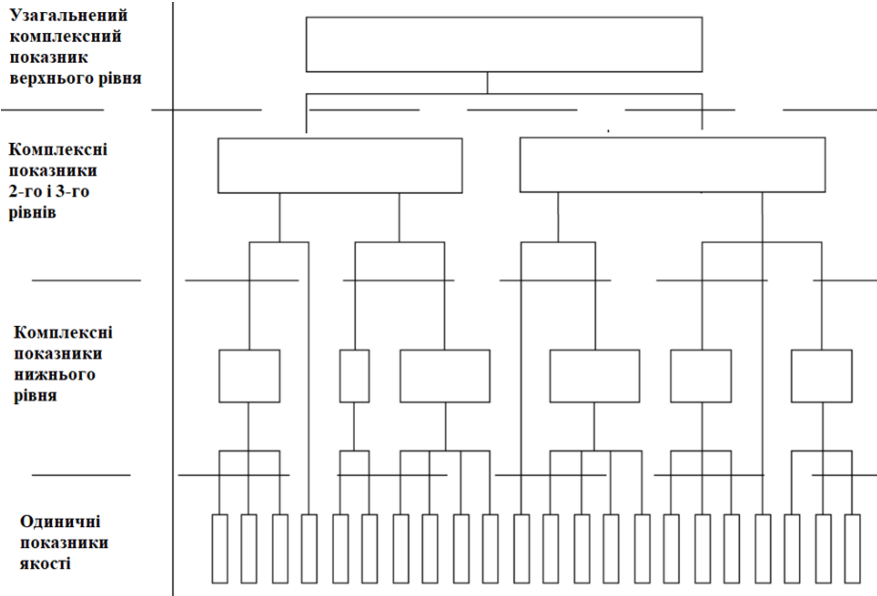


Рисунок 2.1 – Багаторівнева структура показників якості («дерева властивостей»)

У свою чергу зазначені групи показників якості, що є комплексними показниками другого рівня, поділяються на підгрупи – комплексні показники третього рівня.

Так, показники призначення поділяються на чотири підгрупи: класифікаційні, функціональні та технічної ефективності, конструктивні, складу та структури.

Показники надійності також поділяються на чотири підгрупи: безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності, збереження.

До показників технологічності відносяться: трудомісткість, матеріаломісткість, собівартість.

До показників уніфікації відносять коефіцієнти: застосування, повторюваності, взаємної уніфікації для груп виробів, уніфікації для окремої групи виробів.

Патентно-правові показники ділять на дві підгрупи: патентного захисту та патентної чистоти.

До групи ергономічних показників відносяться підгрупи: антропометричні, гігієнічні, фізіологічні та психофізіологічні, психологічні.

Естетичні показники поділяються на підгрупи: інформаційної виразності, раціональності форми, цілісності композиції, досконалості виробничого виконання та стабільності товарного вигляду.

До показників транспортабельності відносять: масу виробу, габаритні розміри; середню вартість перевезення на 1 км колії тощо.

До показників безпеки відносять: опір ізоляції струмовідних частин, електричну міцність тощо.

До екологічних показників відносять: вміст шкідливих домішок у складі продукції; ймовірність викидів шкідливих частинок, газів та випромінювань під час виробництва, зберігання, транспортування, експлуатації тощо.

Комплексні показники третього рівня можуть поділитися на комплексні показники нижчих рівнів (4-го, 5-го, ..., m -го) аж до елементарних, що складаються лише з одиничних показників якості.

При побудові «дерева властивостей» учасники експертної групи можуть дотримуватись різних думок щодо віднесення різних одиничних показників до тієї чи іншої групи. У зв'язку з цим доцільно використати «метод угруповань», який дозволяє побудувати ієрархічну структуру властивостей об'єкта дослідження, що найбільш повно відображає думку більшості учасників експертної групи.

Алгоритм виконання угруповань складається з наступних етапів [3].

На початковому етапі керівнику експертної групи необхідно виконати попереднє угруповання, об'єднавши поодинокі показники в групи та надавши кожній групі свою назву, наприклад «функціональні», «інформаційні» тощо.

Список показників та попередніх груп передають експертам, які розподіляють поодинокі показники за запропонованими групами. При цьому експерти можуть коригувати як список груп, так і перелік показників, об'єднуючи тотожні, на їхню думку, і вписуючи нові.

Статистична обробка угруповань включає пошук «випадаючих» показників, пошук узгоджених груп показників та перевірку узгодженості угруповання кожного експерта із загальним складом показників у узгодженій групі.

Мірою належності показника A до групи S служить число α , що вказує на ту частину експертів, яка включила об'єкт A в цю групу. Величина α називається рівнем узгодженості експертів щодо об'єкта A і визначається за такою формулою:

$$\alpha_{(A)} = \frac{m(A)}{m}, \quad (2.1)$$

де $m(A)$ – число експертів, що включили показник A до групи S ;
 m – загальна кількість експертів.

Для включення показника A до узагальненої групи S_0 вибирають критичне значення $\alpha_{кр}$, досягнення або перевищення якого означає включення об'єкта A до групи S_0 . У найвідповідальніших задачах $\alpha_{кр} = 1,0$; менш відповідальних $\alpha_{кр} = 0,8$ або $0,66$, але не нижче $0,5$.

Отже, розраховуючи значення рівня узгодженості для кожного показника, включеного хоча б одним експертом у групу S , знаходять показники, для яких $\alpha(A) > \alpha_{кр}$, і включають їх у узгоджену групу S_0 .

Далі перевіряють, наскільки угруповання кожного експерта збігається з отриманою узагальненою групою S_0 . Мірою узгодженості індивідуального угруповання j -го експерта з групою S_0 служить число β , що вказує на частку тих показників з цього індивідуального угруповання, які входять до узагальненої групи:

$$\beta = \frac{n_j(S_0)}{n_j}, \quad (2.2)$$

де $n_j(S_0)$ – кількість об'єктів, що входять до узагальненої групи S_0 ;

n_j – загальна кількість об'єктів у j -му індивідуальному угрупованні.

Індивідуальне експертне угруповання вважають випадającym, якщо $\beta \leq 0,8$ або, у менш відповідальних задачах, $\beta \leq 0,5$.

Приклад. При виявленні структури відмов занурювального електродвигуна (ЗЕД) складено список елементів ЗЕД, схильних до відмов:

- (1) - обмотка статора;
- (2) - ізоляція обмотувального дроту;
- (3) - пазова ізоляція;
- (4) - струмоввід;
- (5) - вал;
- (6) - вивідні кінці;
- (7) - вузол підшипника роторів;
- (8) - радіальні підшипники;
- (9) - жерсті ротора;

(10) - компаунд;

(11) - торцеві ущільнення.

Експертами запропоновані угруповання показників, подані у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для прикладу

№ групи	S1	S2	S2
1	(1)(2)(3)(4)(6)	(5)(9)(10)(11)	(7)(8)
2	(1)(2)(3)(7)	(4)(5)(9)	(6)(8)(10)(11)
3	(1)(3)(4)(5)(6)	(9)(10)(11)	(2)(7)(8)
4	(1)(2)(4)(6)(9)	(3)(5)(10)(11)	(7)(8)

Потрібно перевірити належність об'єктів до кожної групи, перевірити індивідуальні експертні угруповання на випадання та сформувати узагальнені групи при $\alpha_{кр} = 0,66$ та $\beta_{кр} = 0,66$.

Розраховуємо значення рівня узгодженості об'єктів за групами (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Розрахунок рівня узгодженості об'єктів

S1	S2	S3
(1) 1,0	(3) 0,25	(2) 0,25
(2) 0,75	(4) 0,25	(6) 0,25
(3) 0,75	(5) 0,75	(7) 0,75
(4) 0,75	(9) 0,75	(8) 1,0
(5) 0,25	(10) 0,75	(10) 0,25
(6) 0,75	(11) 0,75	(11) 0,25
(7) 0,25		
(9) 0,25		

Отже, при $\alpha_{кр} = 0,66$ знаходимо узагальнені групи (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Узагальнені групи

S1	S2	S3
(1)(2)(3)(4)(6)	(5)(9)(10)(11)	(7)(8)

Перевіряємо індивідуальні експертні угруповання на випадання, розраховуючи значення β (таблиця 2.4).

Приймаючи $\beta_{кр} = 0.66$, слід виключити дані експерта № 2 з угруповань S_1 і S_3 . Але як легко перевірити, узагальнені угруповання від цього не зміняться. Якби узагальнене угруповання змінилося, слід знову розрахувати показники узгодженості індивідуальних груп і повторити побудову узгоджених угруповань. Якби в результаті перевірки належності показників до кожної групи було виявлено, що один або кілька показників не увійшли до жодної групи, це означало б, що ці об'єкти утворюють особливу групу, або їх описи по-різному зрозумілі різними експертами. У цьому випадку слід провести обговорення з експертами ситуації, що виникла, і прийняти відповідне рішення.

Таблиця 2.4 – Узгодженість індивідуальних угруповань із узагальненою групою

№ експерта	S_1	S_2	S_3
1	1,0	1,0	1,0
2	0,6	0,67	0,5
3	0,8	1,0	0,67
4	0,8	0,75	1,0

2.3 Завдання до практичної роботи

а. Ознайомитись з методичними вказівками до цієї роботи.

б. Самостійно вибрати об'єкт експертизи. Працюючи у складі експертних груп, визначити номенклатурні групи, притаманні обраному об'єкту експертизи. По можливості виділити всередині них підгрупи (комплексні показники) нижчих рівнів (2, 3, 4, ..., m-го) та присвоїти їм назви, що відображають принцип об'єднання показників в одну підгрупу.

в. Виконати розподіл одиничних показників якості, отриманих під час виконання попередньої роботи, за елементарними (неподільними) підгрупами, що входять до складу номенклатурних груп. Отримані результати оформити як таблицю (зразок - таблиця 2.5).

Таблиця 2.5 – Зведена таблиця

№ експерта \ № підгрупи	1	2	...	<i>n</i>
1				
2				
...				
<i>k</i>				

а. Використовуючи метод угруповань, сформувати узагальнену багаторівневу структуру показників якості на підставі індивідуальних угруповань кожного експерта. Багаторівнева структура показників якості повинна мати вигляд, показаний на рисунку 2.1.

б. Проаналізувати отримані дані та зробити висновки щодо роботи. Відповісти на контрольні питання.

2.4 Зміст звіту

Звіт, який оформлюється згідно стандарту [2], повинен містити тему роботи та наступні розділи:

- а. Мета роботи.
- б. Завдання до роботи.
- в. Хід виконання роботи.
- г. Висновок.

Якщо у тексті звіту використовуються посилання на літературні джерела, вони вказуються порядковим номером, взятим у квадратні дужки, а в кінці звіту розміщується розділ «ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ», у якому дається опис джерел .

2.5 Контрольні запитання

а. Що являє собою «дерево властивостей» продукції і на що його призначення?

б. Назвіть 10 груп показників якості, що входять до номенклатури показників якості, регламентованої нормативними документами для промислової продукції?

в. На які підгрупи поділяються показники призначення?

г. На які підгрупи поділяються показники надійності?

д. Опишіть алгоритм виконання угруповань поодиноких

показників якості.

е. Що є мірою належності одиничного показника до тієї чи іншої групи?

ж. Як розраховується міра належності показника A до групи S ?

з. Яких значень може набувати величина α ?

и. Яких значень може набувати величина β ?

к. Як слід поводитися з показниками, які не увійшли до жодної з узагальнених груп?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №3

«МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ОДИНИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ. ШКАЛИ ВИМІРЮВАНЬ»

3.1 Мета роботи

Метою роботи є ознайомлення з методами визначення одиничних показників якості; отримання навичок розробки бальних оцінних шкал для чисельного вираження одиничних показників.

3.2 Методичні вказівки до виконання завдання

Кількісна оцінка якості промислової продукції завжди починається з кількісної оцінки або виміру одиничних показників якості, що розташовуються на найнижчому m -му рівні ієрархічної структури якості продукції.

Вимірювання можуть виконуватися як за допомогою спеціальних технічних засобів, що мають нормовані метрологічні характеристики (вони називаються засобами вимірювань), так і без них. Відповідно, розрізняються інструментальний та експертний методи вимірювань.

За допомогою *інструментального методу* визначаються значення таких показників як маса виробу, сила струму, довжина предмета, швидкість автомобіля та інше.

Експертний метод вимірювань застосовують тоді, коли застосування об'єктивніших методів з використанням технічних засобів неможливе, складне або економічно невиправдане. Різновидом експертного методу є органолептичні виміри. Вони засновані на використанні органів чуття людини: зору, слуху, дотику, нюху та смаку. За допомогою органолептичного методу визначають більшість ергономічних та естетичних показників якості продукції.

При комплексній оцінці якості промислової продукції найбільшу ефективність має *комбінаторний метод*, який поєднує інструментальні та органолептичні вимірювання. При використанні як інструментальних, так і експертних методів оцінки якості одиничних показників важливу роль відіграє вибір та обґрунтування шкал вимірювання. Прийнято використовувати шкали [1]:

- найменувань (номінаційна);

- порядку (рангова);
- інтервалів;
- відношень.

Зведені відомості про шкали представлені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Типи шкал

Тип шкали	Характеристика шкали	Відношення, що задаються на шкалі
Найменувань (номінаційна)	Числа чи інші символи шкали використовуються тільки для класифікації об'єктів, які досліджуються	Еквівалентність
Порядку (рангова)	Можна встановити, що властивість одного об'єкта знаходиться у деякому відношенні з властивостями іншого об'єкта	Еквівалентність, а також відношення: більше ніж/менше ніж
Інтервалів	Прядкова шкала з відомими відстанями між двома будь якими числами на шкалі: нульова точка на шкалі і оціночна одиниця вибираються довільно. Придатна тільки для кількісних ознак.	Еквівалентність; відношення: більше ніж/менше ніж; відоме відношення будь яких двох інтервалів
Відношень	Інтервальна шкала, але з фіксованою нульовою точкою. Відношення будь яких двох точок шкали не залежить від оціночної одиниці.	Еквівалентність; відношення: більше ніж/менше ніж; відоме відношення будь яких двох інтервалів і будь яких двох точок

При використанні інструментального методу вимірювань найчастіше використовуються шкали інтервалів та відношень, а при експертному оцінюванні – шкали найменувань та порядку.

Найбільшого поширення на практиці під час використання експертних методів отримали бальні оціночні шкали, які є окремим випадком шкал порядку.

Призначення бальних оцінок проводиться експертами у межах обраної оціночної шкали шляхом аналізу отриманих відчуттів при сприйнятті об'єкта оцінки якості з даною властивістю виходячи з наявного досвіду. Кількість балів в оціночній шкалі визначається можливістю розрізнити градації рівня оцінюваної якості експертами. При експертній оцінці якості промислової продукції найчастіше використовуються шкали з 5-9 градаціями. Прикладами бальних оціночних шкал можуть бути шкали інтенсивності, шкали бажаності та їх комбінації, широко використовувані при органолептичних вимірах зовнішнього вигляду, смаку і запаху харчових продуктів (таблиці 3.2 – 3.4).

Таблиця 3.2 – Шкала бажаності

Зовнішній вигляд продукту	Число балів
Дуже гарний	9
Гарний	8
Хороший	7
Хороший, але недостатньо	6
Середній	5
Трохи небажаний	4
Небажаний	3
Поганий	2
Дуже поганий	1

Таблиця 3.3 – Шкала інтенсивності

Смак продукту	Число балів
Виражений дуже сильно	5
Виражений сильно	4
Виражений помірно	3
Виражений дуже слабо	2
Зовсім не виражений	1

Таблиця 3.4 – Комбінація шкали інтенсивності та бажаності

Запах продукту		Число балів
Інтенсивність	Бажаність	
Виражений дуже сильно	Дуже бажаний	5
Виражений сильно	Бажаний	4
Слабко виражений	Нейтральний	3
Відчутний	Небажаний	2
Невідчутний	Дуже небажаний	1

3.3 Завдання до практичної роботи

а. Ознайомитись з методичними вказівками до цієї роботи.

б. Працюючи у складі експертних груп, визначити тип шкали, спосіб оцінки (інструментальний або експертний), одиниці вимірювання та діапазон шкали для всіх одиничних показників якості, що входять до складу багаторівневої структури показників якості об'єкта експертизи, побудованої на попередньому занятті. Результати подати у вигляді таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Зведена таблиця

№	Одиничні показники якості	Тип шкали	Спосіб вимірювання	Одиниця вимірювання	Діапазон шкали

в. Розробити бальні оціночні шкали для показників якості, які не можуть бути виміряні інструментальним шляхом, та оформити їх у вигляді таблиці 3.6.

г. Проаналізувати отримані дані та зробити висновки щодо роботи.

д. Відповісти на контрольні питання.

Таблиця 3.6 – Зведена таблиця

Одиничний показник якості	
Градація	Число балів

3.4 Зміст звіту

Звіт, який оформлюється згідно стандарту [2], повинен містити наступні розділи:

- а. Мета заняття;
- б. Завдання до лабораторної роботи;
- в. Хід виконання завдання
- г. Відповіді на контрольні запитання
- д. Висновок.

Якщо у тексті звіту використовуються посилання на літературні джерела, вони вказуються порядковим номером, взятим у квадратні дужки, а в кінці звіту розміщується розділ «ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ», у якому дається опис джерел.

3.5 Контрольні запитання

- а. Назвіть існуючі методи вимірювання одиничних показників якості.
- б. Наведіть приклади одиничних показників якості, які можна вимірювати інструментальними методами.
- в. Наведіть приклади одиничних показників якості, які можна виміряти експертними методами.
- г. До якої групи методів належать органолептичні виміри?
- д. Які види вимірювальних шкал ви знаєте?
- е. Дайте коротку характеристику шкали найменувань.
- ж. Дайте коротку характеристику шкали порядку.
- з. Наведіть коротку характеристику шкали інтервалів.
- и. Дайте коротку характеристику шкали відношень.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №4

«ЕКСПЕРТНІ МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ВАГОМОСТІ ОДИНИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ. МЕТОД ПЕРЕВАГИ І МЕТОД РАНГУ»

4.1 Мета роботи

Метою роботи є знайомство з експертними методами визначення коефіцієнтів вагомості одиничних показників якості; отримання практичних навичок використання методів переваги і рангу для визначення коефіцієнтів вагомості властивостей конкретних об'єктів.

4.2 Методичні вказівки до виконання завдання

4.2.1 Використання аналітичних методів визначення коефіцієнтів вагомості M_i досить трудомістке і не завжди прийнятне. У зв'язку з цим на практиці віддають перевагу експертним методам в силу їх універсальності, простоти реалізації, «гнучкості» і досить високої вірогідності одержуваних на їх основі результатів.

Найпростішим з усіх експертних методів оцінки вагомості властивостей об'єктів є метод переваги [1]. При використанні цього методу від кожного експерта потрібно пронумерувати вагомості в порядку їх переваги. При цьому вагомості найменш пріоритетної властивості (найменш важливої властивості) експерт повинен присвоїти номер 1, наступній за важливістю властивості - номер 2 і т.д. На основі отриманих таким чином експертних оцінок розраховуються коефіцієнти вагомості всіх виділених для оцінки властивостей з використанням виразів

$$M_i = \sum_{j=1}^m W_{ij} / \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m W_{ij}, \quad (4.1)$$

де W_{ij} – місце, на яке поставлено i -у властивість j -м експертом;

m – кількість експертів, які брали участь в експертизі;

n – кількість оцінюваних властивостей.

Дуже близький до розглянутого методу, як за процедурою опитування експертів, так і по обробці результатів експертизи, так званий метод рангу. При реалізації цього методу експерти повинні

здійснити пряме оцінювання важливості кожної виділеної властивості за шкалою відносної значущості в діапазоні значень оцінок від 1 до 10. Причому експертам дозволено за цією шкалою виставляти оцінюваним властивостям не тільки цілі, але і дробові значення оцінок, а також однакові значення оцінок - однаково значущим властивостями. Для визначення шуканих значень коефіцієнтів вагомості оцінюваних властивостей використовуються наступні формули:

$$M_i = \sum_{j=1}^m M_{ij} / \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{ij} , \quad (4.2)$$

$$M_{ij} = R_{ij} / \sum_{i=1}^n R_{ij} , \quad (4.3)$$

де R_{ij} – абсолютне значення оцінки вагомості i -ї властивості, яке визначене по 10-бальній шкалі j -м експертом.

Далі на підставі отриманих коефіцієнтів вагомості визначають найбільш значущі одиничні показники якості, для яких виконується умова

$$M_i > 1/n . \quad (4.4)$$

Так як $\sum M_i = 1$, то після виключення найменш значущих показників якості коефіцієнти вагомості інших показників перераховують за формулою

$$M_{i0} = M_i^* / \sum_{i=1}^k M_i^* , \quad (4.5)$$

де M_i^* – коефіцієнти вагомості показників, для яких виконується умова (4.4);

k – число найбільш значущих показників якості.

4.3 Завдання до практичного заняття

- а. Ознайомитися з методичними вказівками до даної роботи.
- б. Сформуванати експертну групу з 5 - 7 осіб (До експертної групи можна залучити однокласників в університеті, друзів, родичів).
- в. Використовуючи метод переваг, пронумерувати всі одиничні показники якості об'єкта експертизи, який розглядався у практичному завданні 3, в порядку їх значимості (від найменш значимих до

найбільш значимих). Розрахувати коефіцієнти вагомості показників якості по формулі (4.1) і заповнити таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Зведена таблиця переваг експертів

Номер експерта	Порядковий номер і-го показника у ряду переваг			
	W_{1j}	W_{2j}	...	W_{nj}
1				
2				
...				
m				
$\sum M_{ij}$				
M_i				

г. Використовуючи метод рангу, оцінити важливість кожного показника якості в діапазоні значень оцінок від 1 до 10.

д. Розрахувати коефіцієнти вагомості показників якості по формулі (4.2) і заповнити таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Зведена таблиця рангових оцінок експертів

Номер експерта	Рангові оцінки і-го показника				$\sum R_{ij}$
	R_{1j}	R_{2j}	...	R_{nj}	
1					
2					
...					
m					
M_i					

е. На підставі значень коефіцієнтів вагомості, отриманих методом переваг і методом рангу, зробити висновок про ступінь значущості одиничних показників і доцільності їх подальшого використання в процесі оцінки.

ж. Перерахувати коефіцієнти вагомості найбільш значущих показників за формулою (4.5).

з. Проаналізувати отримані дані і сформулювати висновки по роботі.

и. Відповісти на контрольні питання.

4.4 Зміст звіту

Звіт, який оформлюється згідно стандарту [2], повинен містити тему роботи та наступні розділи:

- а. Мета роботи;
- б. Завдання до роботи;
- в. Хід виконання роботи;
- г. Відповіді на контрольні запитання;
- д. Висновок.

Якщо у тексті звіту використовуються посилання на літературні джерела, вони вказуються порядковим номером, взятим у квадратні дужки, а в кінці звіту розміщується розділ «ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ», у якому дається опис джерел.

4.5 Контрольні запитання

а. Які методи визначення коефіцієнтів вагомості одиничних показників ви знаєте?

б. Назвіть переваги і недоліки аналітичних методів визначення коефіцієнтів вагомості.

в. Назвіть переваги і недоліки експертних методів визначення коефіцієнтів вагомості.

г. Які види експертних методів оцінки коефіцієнтів вагомості ви знаєте?

д. У чому полягає метод рангу?

е. У чому відмінність методу переваг від методу рангу?

ж. У яких випадках доцільно використання методу переваг?

з. У яких випадках краще використовувати метод рангу?

и. Наведіть приклади найбільш і найменш значущих показників якості телевізора.

к. Наведіть приклади найбільш і найменш значущих показників якості м'якої іграшки.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №5

«ВИКОРИСТАННЯ ШКАЛИ НАЙМЕНУВАНЬ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ КВАЛІМЕТРИЧНИХ ЗАВДАНЬ»

5.1 Мета роботи

Метою роботи є набуття вміння вирішувати кваліметричні завдання з використанням шкали найменувань.

5.2 Методичні вказівки до виконання завдання

Шкала – це впорядкований ряд відміток, що відповідає співвідношенню послідовних значень вимірюваних величин. Найпростіша зі всіх шкал – шкала найменувань. У ній числа виконують роль маркерів, які служать виявленню і розрізненню об'єктів, що вивчаються. Різні градації шкали найменувань не можна впорядкувати за умовою більше – менше, краще – гірше чи розташувати у порядку появи у часі. Прикладом шкали найменувань може бути нумерація екзаменаційних білетів, номери телефонів, паспортів, штрих-коди товарів. При використанні шкали найменувань можуть проводитись лише деякі математичні операції. Наприклад, її числа не можна складати та віднімати, але можна підраховувати, скільки разів (як часто) зустрічається те чи інше число.

Статистична обробка даних, отриманих за шкалою найменувань, дозволяє вирішувати низку кваліметричних завдань, розглянутих далі.

Розглянемо випадок, коли є сукупність об'єктів, що підлягають оцінюванню. Деякі з цих об'єктів мають цікаву для нас ознаку X . Проведено вибіркове дослідження N об'єктів і виявлено n об'єктів з ознакою X . Частота p появи ознаки X дорівнює

$$p = \frac{n}{N} . \quad (5.1)$$

Середньоквадратичне відхилення σ величини n :

$$\sigma = \sqrt{Np(1-p)} . \quad (5.2)$$

Середньоквадратичне відхилення σ частоти p :

$$\sigma = \sqrt{\frac{p(1-p)}{N}}. \quad (5.3)$$

Довірчий інтервал $[n_{\min}, n_{\max}]$ значень, у який із заданою ймовірністю вкладається фактичне значення оцінюваної величини:

$$n_{\min} = Np - t\sigma, \quad n_{\max} = Np + t\sigma, \quad (5.4)$$

де t – коефіцієнт Стюдента, який вибирається залежно від довірчої ймовірності P та загальної кількості спостережень N по таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Коефіцієнти Стюдента

Число степеней свободы $f = n - 1$	n	Доверительная вероятность			
		0.90	0.95	0.99	0.999
1	2	6.3137515148	12.7062047364	63.6567411629	636.619249432
2	3	2.91998558036	4.30265272991	9.92484320092	31.599054577
3	4	2.3533634348	3.18244630528	5.84090929976	12.9239786366
4	5	2.13184678134	2.7764451052	4.60409487142	8.61030158138
5	6	2.01504837267	2.57058183661	4.03214298356	6.86882663987
6	7	1.94318028039	2.44691184879	3.70742802132	5.95881617993
7	8	1.89457860506	2.36462425101	3.49948329735	5.40788252098
8	9	1.85954803752	2.30600413503	3.35538733133	5.04130543339
9	10	1.83311293265	2.26215716274	3.24983554402	4.78091258593
10	11	1.81246112281	2.22813885196	3.16927266718	4.5868938587
11	12	1.7958848187	2.20098516008	3.10580651322	4.43697933823
12	13	1.78228755565	2.17881282966	3.05453958834	4.31779128361
13	14	1.77093339599	2.16036865646	3.01227583821	4.22083172771
14	15	1.76131013577	2.14478668792	2.97684273411	4.14045411274
15	16	1.75305035569	2.13144954556	2.94671288334	4.0727651959
16	17	1.74588367628	2.11990529922	2.92078162235	4.0149963326
17	18	1.73960672608	2.10981557783	2.89823051963	3.96512626361
18	19	1.73406360662	2.10092204024	2.87844047271	3.92164582001
19	20	1.72913281152	2.09302405441	2.86093460645	3.88340584948
20	21	1.72471824292	2.08596344727	2.84533970978	3.84951627298
21	22	1.72074290281	2.07961384473	2.83135955802	3.81927716303
22	23	1.71714437438	2.0738730679	2.8187560606	3.79213067089
23	24	1.71387152775	2.06865761042	2.80733568377	3.76762680377
24	25	1.71088207991	2.06389856163	2.79693950477	3.74539861893
25	26	1.70814076125	2.05953855275	2.78743581368	3.72514394948
26	27	1.70561791976	2.05552943864	2.77871453333	3.70661174331
27	28	1.70328844572	2.05183051648	2.77068295712	3.68959171334
28	29	1.70113093427	2.0484071418	2.76326245546	3.67390640062

Продовження таблиці 5.1

Число степеней свободы $f = n - 1$	n	Доверительная вероятность			
		0.90	0.95	0.99	0.999
29	30	1.69912702653	2.04522964213	2.75638590367	3.6594050194
30	31	1.69726089436	2.0422724563	2.74999565357	3.645958635
40	41	1.68385101139	2.021075383	2.70445926743	3.55096576086
60	61	1.67064886465	2.00029782106	2.66028303115	3.4602004692
120	121	1.65765089935	1.97993040505	2.61742114477	3.37345376507
999999.0	1000000.0	1.64485515072	1.95996635682	2.57583422011	3.29053646126

Аналогічно

$$P_{\min} = p - t\sigma, \quad P_{\max} = p + t\sigma. \quad (5.5)$$

Вибір довірчої ймовірності **P** залежить від відповідальності прийнятих рішень: що вища відповідальність, то більше **P**. Зазвичай вибирають такі значення **P**: 0,80; 0,90; 0,95.

Достовірність відмінності середніх частот p_1 і p_2 перевіряють за формулою

$$t = \frac{p_2 - p_1}{\sqrt{\frac{p_1(1-p_1)}{N_1} + \frac{p_2(1-p_2)}{N_2}}}. \quad (5.6)$$

Ймовірність відмінності знаходять за таблицею значень коефіцієнта Стюдента $t = N_1 + N_2 - 2$.

Кількість досліджень, які потрібно провести, щоб з ймовірністю не менше **P** можна було б стверджувати, що ця ознака буде виявлена хоча б один раз, знаходиться за формулою

$$N = \frac{\ln(1-P)}{\ln(1-\bar{P})}. \quad (5.7)$$

де **P** – очікувана (досить мала) ймовірність появи ознаки;

$\bar{P}$ – гарантована (досить велика) ймовірність виявлення ознаки у разі її наявності у **P**-ї частини об'єктів.

Приклад. Трубним заводом випущено пробну партію нових труб. При вибірковій перевірці 100 виробів виявлено дефекти трьох видів, поданих у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Вихідні дані для прикладу

Позначення	Назва дефекту	Кількість
А	Відхилення труб від допустимих розмірів	17
Б	Відхилення більше допустимих норм від співвідності вісі різьби і вісі ущільнюючих конічних поверхонь	8
В	Невідповідність натягу різьби	13

Завдання 1. У яких межах знаходиться кількість дефектів кожного виду у всій партії, якщо випущено 1000 труб?

Рішення. Насамперед задаємося довірчою ймовірністю. З урахуванням невеликих фінансових втрат за рахунок цих дефектів, вибираємо $P = 0,90$. Тоді $t = 1,66$. Використовуючи формули (5.1) та (5.2), для дефектів виду А знаходимо:

$$P_A = 17/100 = 0,17;$$

$$\sigma = \sqrt{1000 \cdot 0,17 \cdot (1 - 0,17)} = 11,88.$$

Тепер за формулою (5.4) знаходимо межі 90% довірчого інтервалу:

$$n_{A \min} = 1000 \cdot 0,17 - 1,66 \cdot 11,88 = 150,3;$$

$$n_{A \max} = 1000 \cdot 0,17 + 1,66 \cdot 11,88 = 189,7.$$

Отже, для партії з 1000 виробів очікуване (найбільш ймовірне) число дефектів становить 170, при цьому з ймовірністю 90% можна знайти від 150 до 190 дефектів виду А.

Якби ситуація була більш відповідальною, наприклад, пов'язана з великим штрафом за постачання продукції з занадто великою кількістю дефектів, слід було б вибрати довірчий інтервал 95%. Тоді $t = 1,98$ і граничні значення були б ширшими. Наприклад, для дефектів виду А вийшло б $n_{A \min} = 146,5$; $n_{A \max} = 193,6$. Знаючи ці значення, керівництво фірми заздалегідь вирішило б, чи поставляти продукцію замовнику чи вжити інших заходів.

Для наочного подання довірчих інтервалів використовують стовпчикову гістограму. По горизонтальній осі розташовують градації

аналізованого показника, а по вертикальній – очікувані числа дефектів, причому вертикальна рисочка показує верхню і нижню межі довірчого інтервалу (рисунок 5.1).

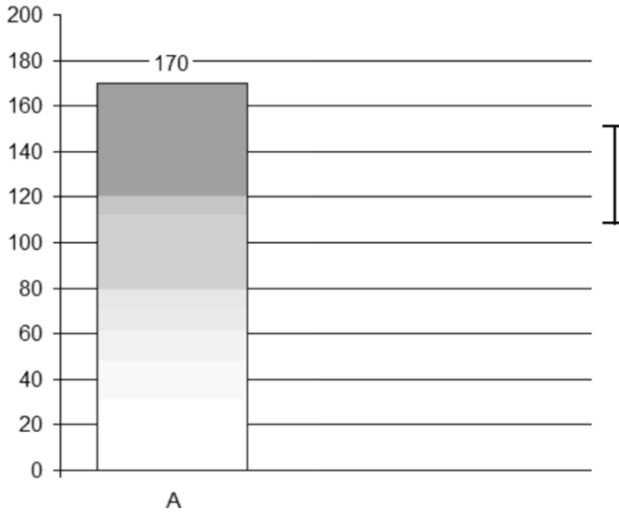


Рисунок 5.1 – Приклад наочного зображення довірчого інтервалу на стовпчиковій діаграмі

Завдання 2. Ті ж 1000 труб із завдання 1 поділені на партії по 100 штук, що направляються у різні адреси. Постає питання, в яких межах буде знаходитись кількість дефектів кожного виду в цих партіях?

Рішення. На цей раз слід скористатися формулою (5.3), яка характеризує розсіювання частостей, отриманих за вибірками обсягу N :

$$\sigma = \sqrt{\frac{0,17 \cdot 0,83}{100}} = 0,038.$$

Зважаючи на те, що ймовірне значення p становить 0,17, знаходимо граничні значення довірчого інтервалу (при $P = 0,9$)

$$p_{\min} = 0,17 - 1,98 \cdot 0,038 = 0,095; \quad p_{\max} = 0,17 + 1,98 \cdot 0,038 = 0,246.$$

Тому кількість дефектів виду А у різних партіях буде в межах:
 $n_{A \min} = 9,5$; $n_{A \max} = 24,6$.

Завдання 3. Припустимо, заводом удосконалено технологічну лінію виробництва труб, що дозволило зменшити кількість зазначених дефектів. При вибірковій перевірці 100 виробів нового випуску виявлено дефектів виду А – 11, виду Б – 5. виду В – 4. Постає питання: чи дійсно вжиті заходи вплинули на кількість дефектів або виявлене зниження може бути обумовлене випадковими відхиленнями, не пов'язаними з роботою нової системи?

Рішення. Розрахуємо значення t для дефектів виду А за формулою (5.6):

$$t_A = \frac{0,17 - 0,11}{\sqrt{\frac{0,17 \cdot 0,83}{100} + \frac{0,11 \cdot 0,89}{100}}} = 1,23.$$

Оскільки 1,23 менше, ніж $t_{90} = 1,66$, виходить, щодо дефектів виду А поліпшення параметрів виробництва не доведено.

Завдання 4. Як зазначено за умови прикладу, при вибірковому контролі виявлено дефекти лише трьох видів. Постає питання: скільки потрібно провести досліджень, щоб із заданою ймовірністю P стверджувати відсутність у всій партії будь-якого четвертого виду дефектів (наприклад, неякісного маркування)?

Рішення. Візьмемо ймовірність наявності четвертого дефекту досить малою, наприклад, $p = 0,01$. Навпаки, ширину довірчого інтервалу виберемо досить велику: $P = 0,95$. Тоді кількість виробів, яку треба перевірити, щоб стверджувати, що будь-який інший дефект присутній не більше ніж у 0,01 частині виробів, знайдемо за формулою (5.7):

$$N = \frac{\ln(1-0,95)}{\ln(1-0,01)} = 298,1.$$

Отже, якщо у 298 виробках нічого очікувати виявлено новий вид дефекту, можна з ймовірністю $P = 0,95$ вважати, що його немає взагалі.

5.3 Завдання до лабораторної роботи

- а. Ознайомитись з методичними вказівками до даної роботи.
- б. Розв'яжіть завдання 1 – 4 для дефектів Б і В при $P = 0,80; 0,90; 0,95$.
- в. Проаналізувати отримані результати та оформити звіт.
- г. Відповісти на контрольні запитання.

5.4 Зміст звіту

Звіт, який оформлюється згідно стандарту [2], повинен містити наступні розділи:

- а. Мета заняття;
- б. Завдання до лабораторної роботи;
- в. Хід виконання завдання;
- г. Відповіді на контрольні запитання;
- д. Висновок.

Якщо у тексті звіту використовуються посилання на літературні джерела, вони вказуються порядковим номером, взятим у квадратні дужки, а в кінці звіту розміщується розділ «ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ», у якому дається опис джерел.

5.5 Контрольні запитання

- а. Що називається шкалою найменувань?
- б. Для вирішення яких видів завдань може бути використана шкала найменувань?
- в. Що характеризує середньоквадратичне відхилення σ ?
- г. Від чого залежить вибір значень довірчої ймовірності?
- д. У яких випадках довірна ймовірність приймається 0,90?
- е. У яких випадках довірна ймовірність приймається 0,95?
- ж. Як і від чого залежить значення коефіцієнта Стюдента?
- з. Наведіть приклади задач, для вирішення яких можуть бути використані формули (5.1), (5.2) та (5.4).
- и. Наведіть приклади задач, для вирішення яких можуть бути використані формули (5.3) та (5.5).
- к. Наведіть приклади задач, для розв'язання яких може бути використана формула (5.6).
- л. Наведіть приклади задач, для розв'язання яких може бути використана формула (5.7).

ПРАКТИЧНА РОБОТА №6

«СТАТИСТИЧНИЙ ЗВ'ЯЗОК МІЖ ПОКАЗНИКАМИ, ЯКІ ВИМІРЯНІ ЗА ШКАЛАМИ НАЙМЕНУВАНЬ»

6.1 Мета роботи

Мета роботи – набути вміння вирішувати кваліметричні завдання з використанням шкали найменувань.

6.2 Методичні вказівки до виконання роботи

Різновидом кваліметричних завдань, які необхідно вирішувати кваліметрологу у процесі своєї діяльності, є статистичний аналіз впливу різних факторів на показники якості, які вимірюються за допомогою шкали найменувань.

Вплив деякого фактора, що діє на всі або деякі показники, проявляється у зміні частот оцінок у всіх або деяких градаціях шкали. Найчастіше зустрічаються фактори, що діють лише на показники, віднесені до деяких градацій і які не зачіпають показники, віднесені до інших градацій.

Мірою статистичного зв'язку між фактором, що впливає, і тим чи іншим показником є критерій Пірсона:

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^k \frac{(o_j - e_j)^2}{o_j}, \quad (6.1)$$

де e_j – фактичне (експериментальне) число оцінок у j -й градації; k – кількість градацій; o_j – очікуване число оцінок у j -й градації шкали, яке розраховують за формулою

$$o_j = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k e_j. \quad (6.2)$$

Обчислене значення критерію Пірсона χ^2 порівнюється із критичним значенням $\chi_{кр}^2$ (таблиця 6.1). При цьому кількість ступенів свободи для парного зв'язку визначається як

$$f = (k_1 - 1)(k_2 - 1), \quad (6.3)$$

де k_1 та k_2 – кількість градацій аналізованих показників.

Таблиця 6.1 – Критичні значення критерію Пірсона $\chi^2_{кр}$

Ступінь свободи	Вірогідність , %				
	90	95	98	99	99,9
1	2,71	3,84	5,41	6,64	10,83
2	4,60	5,99	7,82	9,21	13,82
3	6,25	7,81	9,84	11,34	16,27
4	7,78	9,49	11,67	13,28	18,46
5	9,24	11,07	13,39	15,09	20,52
6	10,64	12,59	15,03	16,81	22,46
7	12,02	14,07	16,62	18,48	24,32
8	13,36	15,51	18,17	20,09	26,12
9	14,68	16,92	19,68	21,67	27,88
10	15,99	18,31	21,16	23,21	29,59
11	17,28	19,68	22,62	24,72	31,26
12	18,55	21,03	24,05	26,22	32,91
13	19,81	22,36	25,47	27,69	34,53
14	21,06	23,68	26,86	29,14	36,12
15	22,31	25,00	28,26	30,58	37,70
16	23,54	26,30	29,63	32,00	39,25
17	24,77	27,59	31,00	33,41	40,79
18	25,99	28,87	32,35	34,81	42,31
19	27,20	30,14	33,69	36,19	43,82
20	28,41	31,41	35,02	37,57	45,32

Якщо обчислене значення перевищує критичне, то із заданою ймовірністю можна стверджувати, що між даним фактором та показником якості існує тісний зв'язок.

У процесі обчислень дані зазвичай представляють у вигляді таблиці спряженості, по сторонах якої (ліворуч і зверху) розташовують градації досліджуваних показників, а в осередках проставляють числа даних, що відповідають кожному поєднанню градацій.

Очікувані значення для кожного ij -го осередку знаходять за формулою

$$o_{ij} = \frac{n_i m_j}{N}, \quad (6.4)$$

де n_i і m_j – сумарні числа експериментальних даних по i -му рядку і j -у стовпцю у осередках сполученості; N – загальна кількість даних.

Приклад. Трубним заводом закуплено дві технологічні лінії А та Б одного призначення. Через деякий час при вибіркового контролю якості готових труб виявили дефекти трьох видів: **а**, **б** і **в**. Кількість дефектів кожного виду наведено у осередках таблиці спряженості (таблиця 6.2).

Таблиця 6.2 – Вихідні дані для прикладу

Лінії	Види дефектів			n_i
	а	б	в	
А	6	3	9	18
Б	11	5	4	20
m_j	17	8	13	$N = 38$

За даними таблиці 6.2 видно, що технологічна лінія А схильна допускати брак "в", а лінія Б - брак "а".

Чи достатньо суттєва відмінність кількості дефектів, щоб можна було це твердження прийняти із заданою ймовірністю?

Знайдемо очікувані o_{ij} числа дефектів у кожному осередку таблиці сполученості за формулою (6.4).

$$o_{11} = \frac{n_i m_j}{N} = \frac{18 \cdot 17}{38} = 8,1;$$

$$o_{12} = \frac{18 \cdot 8}{38} = 3,8;$$

$$o_{13} = \frac{18 \cdot 13}{38} = 6,2;$$

$$o_{21} = \frac{20 \cdot 17}{38} = 8,9;$$

$$o_{22} = \frac{20 \cdot 8}{38} = 4,2;$$

$$o_{23} = \frac{20 \cdot 13}{38} = 6,8.$$

Знайдемо показник Пірсона χ^2 за формулою (6.1):

$$\begin{aligned}\chi^2 &= \frac{(o_{11} - e_{11})^2}{o_{11}} + \frac{(o_{12} - e_{12})^2}{o_{12}} + \frac{(o_{13} - e_{13})^2}{o_{13}} + \frac{(o_{21} - e_{21})^2}{o_{21}} + \frac{(o_{22} - e_{22})^2}{o_{22}} + \\ &+ \frac{(o_{23} - e_{23})^2}{o_{23}} = \frac{(8,1 - 6)^2}{8,1} + \frac{(3,8 - 3)^2}{3,8} + \frac{(6,2 - 9)^2}{6,2} + \frac{(8,9 - 11)^2}{8,9} + \frac{(4,2 - 5)^2}{4,2} + \\ &+ \frac{(6,8 - 4)^2}{6,8} = 3,78.\end{aligned}$$

Число ступенів свободи:

$$f = (k_1 - 1)(k_2 - 1) = (2 - 1)(3 - 1) = 2.$$

Знайдемо табличне значення показника Пірсона при числі ступенів свободи

$$f = 2 : \chi_{95}^2 = 5,99.$$

Оскільки обчислене значення $\chi^2 = 3,78$ менше критичного $\chi_{95}^2 = 5,99$, то не можна стверджувати, що технологічна лінія А схильна допускати брак «в», а лінія Б – брак «а».

Якщо можна стверджувати, що «а» і «б» обумовлені якимось одним недоліком технологічної лінії, їх можна об'єднати (таблиця 6.3).

Таблиця 6.3 – Вихідні дані для прикладу

Лінії	Види дефектів		n_i
	а + б	в	
А	9	9	18
Б	16	4	20
m_j	25	13	$N = 38$

Знайдемо очікувані значення для кожного ij -осередку:

$$o_{11} = \frac{18 \cdot 25}{38} = 11,8;$$

$$o_{12} = \frac{18 \cdot 13}{38} = 6,2;$$

$$o_{21} = \frac{20 \cdot 25}{38} = 13,2;$$

$$o_{22} = \frac{20 \cdot 13}{38} = 6,8.$$

Знайдемо показник Пірсона:

$$\begin{aligned} \chi^2 &= \frac{(o_{11} - e_{11})^2}{o_{11}} + \frac{(o_{12} - e_{12})^2}{o_{12}} + \frac{(o_{21} - e_{21})^2}{o_{21}} + \frac{(o_{22} - e_{22})^2}{o_{22}} = \\ &= \frac{(11,8 - 9)^2}{11,8} + \frac{(6,2 - 9)^2}{6,2} + \frac{(13,2 - 16)^2}{13,2} + \frac{(6,8 - 4)^2}{6,8} = 3,79. \end{aligned}$$

Число ступенів свободи:

$$f = (k_1 - 1)(k_2 - 1) = (2 - 1)(2 - 1) = 1.$$

Знайдемо табличне значення показника Пірсона χ_{95}^2 при числі ступенів свободи $f = 1$: $\chi_{95}^2 = 3,84$.

Обчислене значення $\chi^2 = 3,79$ менше критичного значення $\chi_{95}^2 = 3,84$, тому не можна стверджувати, що технологічна лінія А схильна припускати брак «а»+ «б», а лінія Б – брак «в».

6.3 Завдання до практичної роботи

а. Ознайомитись з методичними вказівками до цієї роботи.

б. Визначити, чи існує зв'язок між дефектами («а», «б») і технологічними лініями (А, Б, В), що випускають продукцію, де зустрічаються дані види дефектів. Вихідні дані для розрахунку наведено у таблицях 6.4 – 6.13.

в. Проаналізувати отримані результати та оформити звіт.

г. Відповісти на контрольні питання.

Таблиця 6.4 – Вихідні дані для варіанта 1

Лінії	Види дефектів		n_i
	а	б	
А	5	14	19
Б	8	2	10
В	3	10	13
m_j	16	26	$N = 42$

Таблиця 6.5 – Вихідні дані для варіанта 2

Лінії	Види дефектів		n_i
	а	б	
А	3	1	4
Б	4	6	10
В	5	8	13
m_j	12	15	$N = 27$

Таблиця 6.6 – Вихідні дані для варіанта 3

Лінії	Види дефектів		n_i
	а	б	
А	10	3	13
Б	8	5	13
В	11	7	18
m_j	29	15	$N = 44$

Таблиця 6.7 – Вихідні дані для варіанта 4

Лінії	Види дефектів		n_i
	а	б	
А	7	8	15
Б	14	9	23
В	3	10	13
m_j	24	27	$N = 51$

Таблиця 6.8 – Вихідні дані для варіанта 5

Лінії	Види дефектів		n_i
	а	б	
А	1	14	15
Б	2	12	14
В	4	10	14
m_j	7	36	$N = 43$

Таблиця 6.9 – Вихідні дані для варіанта 6

Лінії	Види дефектів		n_i
	а	б	
А	6	13	19
Б	7	4	11
В	3	10	13
m_j	16	27	$N = 43$

Таблиця 6.10 – Вихідні дані для варіанта 7

Лінії	Види дефектів		n_i
	а	б	
А	8	1	9
Б	4	15	19
В	10	8	18
m_j	22	24	$N = 46$

Таблиця 6.11 – Вихідні дані для варіанта 8

Лінії	Види дефектів		n_i
	а	б	
А	9	2	11
Б	8	5	13
В	21	18	39
m_j	38	25	$N = 63$

Таблиця 6.12 – Вихідні дані для варіанта 9

Лінії	Види дефектів		n_i
	а	б	
А	1	14	15
Б	12	5	17
В	4	10	14
m_j	17	29	$N = 46$

Таблиця 6.13 – Вихідні дані для варіанта 10

Лінії	Види дефектів		n_i
	а	б	
А	11	11	22
Б	12	8	20
В	5	8	13
m_j	28	28	$N = 55$

6.4 Зміст звіту

Звіт, який оформлюється згідно з стандартом [2], повинен містити наступні розділи:

- а. Мета роботи.
- б. Завдання до роботи.
- в. Хід виконання роботи.
- г. Відповіді на контрольні запитання;
- д. Висновок.

Якщо у тексті звіту використовуються посилання на літературні джерела, вони вказуються порядковим номером, взятим у квадратні дужки, а в кінці звіту розміщується розділ «ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ», у якому дається опис джерел .

6.5 Контрольні запитання

- а. Що називається шкалою найменувань?
- б. Для вирішення яких видів завдань може бути використана шкала найменувань?
- в. Що є мірою статистичного зв'язку між впливаючим фактором та показниками якості продукції?
- г. За якою формулою розраховується критерій Пірсона?

д. Які значення ймовірності P рекомендується використовувати для визначення критичного значення критерію Пірсона в найбільш відповідальних випадках?

е. Про що свідчить перевищення обчисленого значення критерію Пірсона над своїм критичним значенням?

ж. Назвіть переваги та недоліки методу використання критерію Пірсона для оцінки статистичного зв'язку між факторами, що впливають, і показниками якості.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №7 «ЯКІСТЬ І КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЬ ВИРОБІВ»

7.1 Мета роботи

Мета роботи – вивчити, що таке конкурентоспроможність продукції та навчитися визначати її значення на практиці.

7.2 Методичні вказівки до виконання роботи

а. Конкурентоспроможність технічної продукції – це інтегральне поняття, що відображає здатність виробів задовольняти вимогам споживачів при їх придбанні. У основі конкурентоспроможності продукції лежить її якість, її досконалість. Конкурентоспроможність продукції оцінюється безвідносно до умов конкретного ринку збуту та сфери сервісного обслуговування.

Конкурентоспроможність продукції визначається переважно сукупністю показників якості, досконалістю, рівнем якості, а технічних виробів – технічним рівнем. Конкурентоспроможність товару – це характеристика відповідності продукції, що продається, вимогам даного ринку в даний період часу. Отже, конкурентоспроможність оцінюється по-різному [4].

Конкурентоспроможність продукції, що оцінюється за показником її технічного рівня, визначається відповідністю продукції сучасним вимогам споживачів при досягнутому рівні соціально-економічного розвитку суспільства та його науково-технічного прогресу.

Конкурентоспроможність, оцінена за показниками якості продукції, не є постійною, а залежить від темпів науково-технічного прогресу у провідних світових виробників такої ж продукції.

Конкурентоспроможність товару, тобто. продукції, що продається за комерційними показниками, залежить від кон'юнктури конкретного ринку. Цю конкурентоспроможність оцінюють за такими основними показниками, як: рівень ціни, терміни поставки, умови платежу, рівень митних зборів, податки та збори (пов'язані з придбанням товару), ступінь відповідальності виробників та продавців за виконання зобов'язань та гарантій.

Конкурентоспроможність товару можлива лише за умови задовільної конкурентоспроможності товарної продукції за її якістю. У неякісної продукції немає товарної конкурентоспроможності на ринку продажів, навіть якщо вона дешева і умови платежу прийнятні. Основа конкурентоспроможності товару – у його якості.

Кожен виробник продукції задля забезпечення її конкурентоспроможності повинен розрахувати ціну споживання, порівняти її із ціною споживання інших виробників-конкурентів і домогтися її максимального зниження за умов збереження технічних і нормативних параметрів продукції.

Повна вартість споживання, особливо технічних виробів – одне із головних показників з метою оцінки їх конкурентоспроможності.

б. Загальна методологія оцінки конкурентоспроможності продукції полягає у зіставленні числових значень показників рівня якості (технічного рівня) або основних узагальнених показників, а також вартісних показників виробів оцінюваного товару та базового (базових) зразка (зразків).

Найбільш простий метод кількісної оцінки конкурентоспроможності виробів ґрунтується на застосуванні узагальнених (головного, групового та інтегрального) показників якості та економічних показників продукції. Проте показник (а не оцінку) конкурентоспроможності продукції зазвичай виражають відношенням корисного ефекту до повної ціни споживання, тобто. інтегральним показником якості.

За наявності достатньої інформації про корисний ефект та про всі витрати споживача рівень конкурентоспроможності $Y_{к.с}$ визначається відношенням інтегральних показників якості порівнюваних зразків за формулою

$$Y_{к.с} = \frac{Q_{ин.оц}}{Q_{ин.баз}} = \frac{W_{оц}}{W_{баз}} \frac{S_{баз}}{S_{оц}}. \quad (7.1)$$

де $Q_{ин.оц}$ і $Q_{ин.баз}$ – інтегральні показники якості оцінюваного та базового зразків;

$W_{оц}$ та $W_{баз}$ – сумарні корисні ефекти від експлуатації оцінюваного та базового зразків за весь термін служби;

$S_{баз}/S_{оц}$ – відношення витрат на придбання, експлуатацію та утилізацію базового та оцінюваного зразків.

Сумарні корисні ефекти від експлуатації оцінюваного та базового зразків за весь термін служби визначаються за такою формулою:

$$W = Nnt \frac{(100-q)}{100} c, \quad (7.2)$$

де N – продуктивність верстата, т/добу;

n – кількість днів роботи верстата на рік;

t – термін експлуатації верстата, років;

c – вартість 1 т виробленого цим верстатом продукту, грн.;

q – час простою.

Відношення повних витрат на придбання та експлуатацію порівнюваних зразків визначається за формулою

$$\frac{S_{\text{баз}}}{S_{\text{оц}}} = \frac{S_{\text{с.баз}}}{S_{\text{с.оц}}} + \frac{S_{\text{э.баз}}}{S_{\text{э.оц}}} \frac{T_{\text{сл.баз}}}{T_{\text{сл.оц}}}. \quad (7.3)$$

де $S_{\text{с.баз}}$ і $S_{\text{с.оц}}$ – одноразові вартісні витрати на придбання базового та оцінюваного зразків;

$S_{\text{э.баз}}$ і $S_{\text{э.оц}}$ – середні сумарні експлуатаційні витрати базового та оцінюваного зразків за рік;

$T_{\text{сл.баз}}$ і $T_{\text{сл.оц}}$ – термін служби базового та оцінюваного зразків.

На підставі розрахованих за формулою (7.1) значень $Y_{\text{к.с}}$ робиться висновок про конкурентоспроможність продукції, що оцінюється. При $Y_{\text{к.с}} \geq 1$ продукція конкурентоспроможна, при $Y_{\text{к.с}} < 1$ продукція на конкретному ринку не конкурентоспроможна.

7.3 Завдання до практичної роботи

а. Ознайомитись з методичними вказівками даної роботи.

б. Оцінити конкурентоспроможність продукції, використовуючи дані свого варіанта, наведені у таблицях 7.1 — 7.2.

в. Виконати розрахунки та заповнити табл. 7.3.

г. Проаналізувати отримані дані та сформулювати висновки по роботі.

д. Відповісти на контрольні запитання.

Таблиця 7.1 – Варіанти 1-5 розрахунку конкурентоспроможності

Назви показників	Варіанти									
	1		2		3		4		5	
	Нов.	Баз.	Нов.	Баз.	Нов.	Баз.	Нов.	Баз.	Нов.	Баз.
Кількість робочих днів у році	340	350	340	350	340	350	340	350	340	350
Термін служби, років	8	12	7	14	15	12	18	14	14	18
Продуктивність, т за добу	10	15	12	15	11	18	18	15	14	18
Вартість 1 тони продукту, грн.	300	200	150	350	300	400	500	700	250	450
Час простів, %	3	5	7	9	8	6	9	4	4	8
Вартісні витрати на придбання, тис. грн.	15	21	18	27	28	20	17	30	19	23
Сумарні експлуатаційні витрати за рік, тис. грн.	1,5	2,0	2,5	1,5	3,5	2,5	3,0	3,5	2,0	2,5

Таблиця 7.2 – Варіанти 6-10 розрахунку конкурентоспроможності

Назви показників	Варіанти									
	6		7		8		9		10	
	Нов.	Баз.	Нов.	Баз.	Нов.	Баз.	Нов.	Баз.	Нов.	Баз.
Кількість робочих днів у році	340	350	340	350	340	350	340	350	340	350
Термін служби, років	5	3	8	4	20	15	12	14	17	18
Продуктивність, т за добу	5	8	10	12	22	18	14	8	14	18
Вартість 1 тони продукту, грн.	250	200	100	350	350	400	400	700	300	450
Час простів, %	4	6	8	10	4	6	8	3	3	8
Вартісні витрати на придбання, тис. грн.	20	20	20	27	25	18	8	10	5	12
Сумарні експлуатаційні витрати за рік, тис. грн.	2,4	2,0	2,5	3,8	3,8	2,8	3,2	4,8	4,8	5,0

Таблиця 7.3 – Зведена таблиця

Назва показника	Новий виріб	Базове значення
Кількість робочих днів у році		
Термін служби, років		
Продуктивність, т/добу		
Вартість 1 т продукту, грн.		
Час простів, %		
Вартість витрат на придбання, грн.		
Сумарні експлуатаційні витрати за рік, грн.		

7.4 Зміст звіту

Звіт, який оформлюється згідно стандартам [2], повинен містити наступні розділи:

- а. Мета роботи.
- б. Завдання до роботи.
- в. Хід виконання роботи.
- г. Відповіді на контрольні запитання;
- д. Висновок.

Якщо у тексті звіту використовуються посилання на літературні джерела, вони вказуються порядковим номером, взятим у квадратні дужки, а в кінці звіту розміщується розділ «ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ», у якому дається опис джерел .

7.5 Контрольні запитання

- а. Дайте визначення поняття «конкурентоспроможність».
- б. Назвіть критерії, за якими можна оцінити конкурентоспроможність продукції.
- в. Чим визначається показник конкурентоспроможності, що оцінюється за показником її технічного рівня?
- г. Чим визначається показник конкурентоспроможності, що оцінюється за показниками якості продукції?
- д. Назвіть основний показник конкурентоспроможності.
- е. За якими формулами розраховується рівень конкурентоспроможності $Y_{к.с}$ продукції?
- ж. Як визначається сумарний корисний ефект від експлуатації продукції за весь термін її служби?
- з. Як розраховуються повні витрати на придбання та експлуатацію?
- и. За яких значень показника $Y_{к.с}$ продукція вважається конкурентоспроможною?
- к. Чи може продукція низької якості виявитися конкурентоспроможною?

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Шишкин, И.Ф. Квалиметрия и управление качеством : учебник для вузов / И.Ф. Шишкин, В.М. Станякин. – М. : Изд-во ВЗПИ, 1992. – 210 с.

2. СТП 15-1. Пояснювальна записка до курсових і дипломних проектів (робіт). Вимоги і правила оформлення. – Введ. замість стандарту СТП 15-96. – 2011 р.

3. Методы квалиметрии в машиностроении : учебное пособие / под ред. В.Я. Кершенбаума, Р.М. Хвастунова. – М. : Технонефтегаз, 1999. – 210 с.

4. Фатхутдинов, Р.А. Конкурентоспособность: экономика, стратегия, управление / Р.А. Фатхутдинов.– М.: ИНФРА-М, 2008.– 312 с.