

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет технології виробництва і переробки продукції тваринництва, стандартизації та біотехнології  
Кафедра птахівництва, якості і безпеки продукції

**МЕТРОЛОГІЯ**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

для виконання курсової роботи здобувачами вищої освіти СВО «Бакалавр» спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» денної форми навчання

МИКОЛАЇВ

2021

УДК 006.91  
М54

Друкується за рішенням науково-методичної комісії факультету технології виробництва і переробки продукції тваринництва, стандартизації та біотехнології Миколаївського національного аграрного університету, протокол № 8 від 18 березня 2021 року.

#### **Укладачі:**

**Л. С. Патрєва** - доктор с.-г. наук, професор, завідувач кафедри птахівництва, якості та безпечності продукції, Миколаївський національний аграрний університет;

**Г. А. Коцюбенко** - доктор с.-г. наук, доцент кафедри птахівництва, якості та безпечності продукції Миколаївського національного аграрного університету;

**І. М. Люта** - асистент кафедри птахівництва, якості та безпечності продукції Миколаївського національного аграрного університету;

**І. В. Каницька** – асистент кафедри птахівництва, якості та безпечності продукції Миколаївського національного аграрного університету.

#### **Рецензенти:**

**Л.О. Стріха** - кандидат с.-г. наук, доцент кафедри технології переробки, стандартизації та сертифікації продукції тваринництва Миколаївського національного аграрного університету.

**О. О. Стародубець** - кандидат с.-г. наук, доцент кафедри птахівництва, якості та безпечності продукції Миколаївського національного аграрного університету.

## ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. Порядок виконання курсової роботи	6
2. Структура, зміст і обсяг курсової роботи	8
3. Оформлення таблиць	11
4. Оформлення рисунків	12
5. Формули	13
6. Умовні позначки	13
7. Основна частина	13
8. Рецензування, захист і оцінювання курсової роботи	16
9. Визначення індивідуального варіанту курсової роботи	18
10. Приклади розрахунку завдань	21
ЛІТЕРАТУРА	27
Нормативні посилання	28
Додаток А	29
Додаток Б	30

## ВСТУП

Концепція невизначеності вимірювань є відносно новою в історії вимірювань, хоча аналіз похибок вже давно є окремою частиною науки про вимірювання – метрології. Нині міжнародними організаціями з метрології та стандартизації і науковою спільнотою визнано, що коли всі відомі або передбачувані компоненти похибок були оцінені та були введені відповідні поправки, все ще залишається невизначеність щодо правильності заявленого результату, тобто сумніву щодо того, наскільки добре результат вимірювання характеризує вимірювану величину.

Подібно до того, як практично універсальне використання Міжнародної системи одиниць (SI) привело до узгодженості з усіма науково-технічними вимірюваннями, світовий консенсус щодо оцінення та подання невизначеності вимірювань дозволив надати вагомості широкому спектру результатів вимірювань у науці, машинобудуванні, комерції, промисловості та регулюванні, які стало легко зрозуміти та правильно інтерпретувати. У епоху глобального ринку необхідно, щоб метод оцінення та подання невизначеності був однаковим у всьому світі, таким щоб результати вимірювань, виконувані в різних країнах, можна було легко порівняти.

Тому дисципліна «Метрологія» розкриває методи оцінювання (опрацювання) результатів вимірювань, контролю, діагностування та способи подання компонентів невизначеності і опирається на такі дисципліни, які вивчають студенти під час навчання у закладі вищої освіти. Саме тому навчальною програмою і передбачено виконання курсової роботи.

Курсова робота з навчальної дисципліни «Метрологія» виконується студентом самостійно під керівництвом викладача протягом встановленого терміну відповідно до технічного завдання на основі набутих з даної та суміжних дисциплін знань та умінь.

Курсова робота є самостійною роботою і представляє собою комплексне завдання в ході виконання якого набуваються та закріплюються, поглиблюються та узагальнюються теоретичні знання дисципліни «Метрологія»,

розвиваються навички їх практичного застосування, самостійного та комплексного розв'язування конкретних фахових завдань.

В результаті виконання даного курсового проекту студент повинен засвоїти:

- прийоми самостійного аналізу літературних джерел за заданою темою;
- підходи до вибору засобів вимірювальної техніки, придатної для проведення вимірювань заданих фізичних величин різних процесів;
- статистичні методи оцінки параметрів вимірюваних величин;
- методику виконання вимірювань;
- методи оцінки похибки проведених вимірювань.

Курсова робота дає можливість виявити рівень засвоєння пройденого матеріалу і готовність до вивчення нових навчальних курсів, розкрити нові грані спеціальності й зробити власний крок у поглиблення і розуміння свого фаху. Курсова робота виконується для того, щоб у кінцевому підсумку у вибраній галузі одержати нові знання.

## 1. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Завдання на курсову роботу – є основою для виконання курсової роботи і видається індивідуально викладачем.

Після отримання індивідуального завдання студент розробляє план роботи, який узгоджує з керівником. На базі розробленого плану формується зміст роботи, перелік розділів та додатків.

Вибрані студентами й узгоджені з науковими керівниками теми курсових проектів затверджуються на засіданні кафедри. Подальші зміни формування вибраної студентом теми курсового проекту не допускаються.

Після вибору теми курсової роботи, студент повинен визначитися з об'єктом, предметом і метою наукового дослідження. Для проведення ґрунтовного наукового аналізу з теми дослідження складається план, який дає змогу виділити основні структурні одиниці роботи. В тексті курсового проекту він фіксується як зміст або план роботи. Формуючи план роботи, студент показує вміння визначати головне, найістотніше у проблемі, а також послідовність викладання.

Перелік питань, які розглядаються, структурується за принципом від загального до конкретного. Питання повинні бути чітко і ясно сформульовані. Назва питань не може дублювати назву курсової роботи.

Визначення і добір матеріалу для курсового дослідження студент здійснює самостійно, консультуючись з науковим керівником.

Написання курсової роботи передбачає вивчення літературних джерел і підбір ілюстративного матеріалу. Насамперед доцільно звертатися до навчальних посібників, які в системному порядку викладають основний зміст дисципліни. Інформаційною базою для виконання курсової роботи є наукова література за відповідною тематикою досліджень; підручники і навчальні посібники, які в системному порядку викладають основні проблемні і актуальні питання концепції невизначеності. Студент повинен знайти найповніші дже-

рела для розкриття теми роботи, на їх основі показати дослідницьку новизну вибраної проблеми й уміти охарактеризувати дані джерела.

При складанні списку літератури за темою курсової роботи студент обов'язково має зазначити прізвище та ініціали автора, назву роботи, видавництво, місце та рік видання, сторінки. Якщо до списку входять журнальні публікації, то потрібно вказати прізвище та ініціали автора, назву статті, рік видання, номер та використані в роботі над темою сторінки.

Контроль за підготовкою й захистом курсової роботи покладається на завідувача кафедри. Безпосереднє керівництво написання курсової роботи здійснює науковий керівник із числа професорсько-викладацького складу кафедри.

Науковий керівник курсової роботи:

- надає допомогу студенту в остаточному формулюванні теми, складанні плану та програми, доборі потрібного матеріалу;
- здійснює керівництво студентськими дослідженнями;
- рекомендує студенту спеціальну, нормативну літературу та інші джерела інформації за вибраною темою курсової роботи;
- регулярно консультує студента, контролює протягом усього періоду графік виконання курсової роботи, її якість, а також інформує завідувача кафедри про хід підготовки роботи студента до захисту;
- дає відгук на курсову роботу після її завершення.

Курсова робота має характеризуватися логічністю, доказовістю, аргументованістю і відповідати таким вимогам:

- містити аналіз досліджуваної теми;
- містити необхідні розрахунки;
- містити обґрунтовані пропозиції щодо удосконалення окремих напрямів діяльності досліджуваного об'єкта;
- бути належно оформленою;
- мати всі потрібні супровідні документи;

- бути виконаною і поданою на кафедру в термін, передбачений графіком навчального процесу.

Курсова робота, яка не відповідає вимогам щодо змісту та оформлення, написана без дотримання затвердженого плану, не містить практичних матеріалів конкретного дослідження теми, обґрунтованих пропозицій, до захисту не допускається.

## **2. СТРУКТУРА, ЗМІСТ І ОБСЯГ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

Виконання курсової роботи передбачає:

- обґрунтування актуальності теми, цілей та завдань дослідження, оцінювання його новизни та перспективності, зазначення методів та джерел дослідження;

- визначення теоретичних засад дослідження (основних категорій, понять, закономірностей розвитку явища, яке вивчається, розгляд історії питання, документів, нормативних актів, джерел інформації);

- аналіз конкретної проблемної ситуації та підтвердження логічними судженнями, розрахунками відповідних пропозицій і рекомендацій.

Приступаючи до виконання курсової роботи, студент має чітко уявляти її структуру та зміст. При цьому всі складові роботи повинні бути логічно взаємопов'язані та переконливо аргументовані.

**Структура курсової роботи включає такі елементи:**

- 1) титульна сторінка (додаток А);
- 2) зміст роботи (додаток Б);
- 3) вступ;
- 4) два розділи;
- 5) висновки та пропозиції;
- 6) список використаних джерел;
- 7) додатки.



Титульна сторінка курсової роботи містить найменування вищого навчального закладу та відповідного структурного підрозділу, де вона виконана, тему роботи, найменування спеціальності, прізвище, ім'я, по батькові автора; науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали наукового керівника; місце та рік виконання роботи.

У вступі курсової роботи необхідно охарактеризувати сучасний стан проблеми, якій присвячена робота. Слід обґрунтувати необхідність розроблення системи управління якістю на зазначеному в завданні підприємстві.

У вступі обґрунтовується актуальність проблеми, що вивчається, її практична значимість; формулюється мета й завдання, обґрунтовується об'єкт, предмет і напрями дослідження, вказуються використані наукові методи дослідження, обсяг і структура наукової роботи (наприклад, курсова робота викладена на 30 сторінках комп'ютерного тексту і складається зі вступу, трьох розділів, висновків і додатків. Бібліографічний список включає 10-20 літературних джерел. Робота містить 2-3 таблиці і 1-3 рисунки). Обсяг вступу не повинен перевищувати 2-х сторінок комп'ютерного тексту.

Актуальність теми курсової роботи визначається у її зіставленні з широким колом подібних попередніх досліджень з урахуванням необхідності застосування нових наукових підходів до її аналізу та узагальнення.

Мета і завдання дослідження визначаються на основі актуальності вибраної теми з визначенням кінцевого результату роботи. Кожне поставлене завдання має бути розв'язано й описано в роботі у вигляді аналізу, висновків і рекомендацій.

Завдання потрібно правильно й чітко сформулювати, поставити їх у певному порядку так, щоб перед читачем розгорталася програма дій науковця.

Предмет та об'єкт дослідження. Об'єкт - уся сукупність зв'язків, відношень різних аспектів теорії та практики проблеми, яка є джерелом інформації, необхідної для дослідника (підприємство, галузь, народне господарство тощо). Предмет - це тільки ті суттєві зв'язки та відносини, які підлягають

безпосередньому вивченню в певній роботі, є головними, визначальними для конкретного дослідження.

Теоретична частина курсової роботи висвітлює теоретичні аспекти вибраної для дослідження теми. Ця частина виконується студентом на основі аналізу різних підходів щодо вирішення певної проблеми, яка міститься у науковій літературі вітчизняних нормативно-правових актів. При опрацюванні літературних джерел студент повинен обов'язково висловити власний погляд на цю проблему.

У практичній частині курсової роботи на базі теоретичного матеріалу та узагальнення результатів аналізу діяльності установ та приладів, студент розкриває практичний зміст питань за темою дослідження.

Практична частина курсової роботи може доповнюватись таблицями, рисунками, графіками, формулами, моделями тощо.

Висновки та пропозиції - це стислі висновки за змістом кожного пункту плану курсової роботи та рекомендації щодо поліпшення діючої практики з теми дослідження. Висновки слід розміщувати на окремих аркушах. Коротко зазначаються основні результати здійсненого дослідження, а також пропозиції підприємству для покращення його діяльності у сфері якості.

Список використаних джерел приводиться після тексту курсової роботи і має містити перелік нормативних актів і літератури, що використовувалися у ході його написання. Перелік повинен бути оформлений відповідно до правил бібліографічного опису.

Матеріал, що доповнює положення курсового проекту, дозволено розміщувати в додатках. Наприклад, у додатках можна розміщувати рисунки, таблиці великого формату, розрахунки, опис апаратури та приладів, опис алгоритмів і програм задач, які розв'язують на обчислювачах (комп'ютерах) тощо. Додатки позначають великими літерами української абетки, починаючи з А, за винятком Г, Є, З, І, І, И, О, Ч, Ъ, наприклад, «Додаток А». Кожен додаток повинен мати назву.

Документи у списку рекомендовано розташовувати в порядку посилання на них у тексті стандарту. В кінці списку подають документи, на які не посилаються. Назви документів подають мовою оригіналу і в перекладі українською мовою в круглих дужках.

Курсова робота має виконуватися державною (українською) мовою. Викладення повинне мати науковий характер, бути чітким, без орфографічних і синтаксичних помилок, логічно-послідовним.

### **3. ОФОРМЛЕННЯ ТАБЛИЦЬ**

Таблиці використовують для кращого унаочнення та зручності порівнювання показників. Цифрові дані треба оформлювати як таблицю. На кожену таблицю має бути посилання в тексті стандарту із зазначенням її номера.

Таблиці, крім таблиць додатків, треба нумерувати наскрізно арабськими цифрами, починаючи з цифри «1». Якщо в тексті тільки одна таблиця, її нумерують так: «Таблиця 1».

Таблиці кожного додатка нумерують окремо. Номери складають з літери - позначки додатка та порядкового номера таблиці в додатку, які сполучають крапкою. Назва таблиці повинна відображати зміст таблиці, бути конкретною і стислою. Якщо частину таблиці перенесено на іншу або ту саму сторінку, назву подають тільки над першою частиною таблиці, над іншими її частинами подають тільки номер таблиці з таким написом:

«Продовження таблиці \_\_\_\_\_» - на тій самій сторінці чи на подальших сторінках.

«Кінець таблиці \_\_\_\_\_» - на тій самій сторінці чи на останній сторінці, де розміщено таблицю.

Таблицю залежно від її розміру подають відразу після тексту, де на неї посилаються, або якнайближче до першого посилання (на черговій сторінці), а за потреби - у додатку до стандарту. Використані в таблиці позначки треба

пояснити в тексті або рисунках стандарту. За наявності горизонтальних ліній текст у колонці треба повторювати.

Не можна замінювати лапками повторювані в таблиці цифри, математичні знаки, знаки відсотка й номера, позначки марок матеріалів і типорозмірів продукції, позначки нормативних документів.

#### **4.ОФОРМЛЕННЯ РИСУНКІВ**

Усі графічні матеріали (ескізи, діаграми, графіки, схеми, малюнки, кресленики тощо) повинні мати однаковий підпис: «Рисунок».

Рисунки долучають до стандарту для унаочнення встановлених ним властивостей або характеристик об'єкта стандартизації. Рисунки, крім рисунків додатків, треба нумерувати наскрізно арабськими цифрами, починаючи з цифри «1».

Рисунки кожного додатка мають свою окрему нумерацію, що складається з літери позначки додатка та порядкового номера рисунка в цьому додатку, сполучених крапкою.

Якщо в тексті або в додатку тільки один рисунок, його нумерують так: «Рис. 1» Назва рисунка повинна відображати його зміст, бути конкретною та стислою. Якщо з тексту стандарту зрозуміло зміст рисунка, його назву можна не подавати.

Рисунок подають відразу після тексту, де вперше посилаються на нього, або якнайближче до нього (на черговій сторінці), а за потреби – у додатку до стандарту.

Виконання рисунків має відповідати вимогам стандартів на конструкторську документацію.

## 5. ФОРМУЛИ

Формули, крім формул у додатках, треба нумерувати наскрізною нумерацією арабськими цифрами, починаючи з цифри «1».

Формули в кожному додатку мають свою окрему нумерацію, складену з літери позначки додатка та порядкового номера формули в цьому додатку, сполучених крапкою. Номер формули друкують на її рівні праворуч у круглих дужках. Якщо формулу пишуть у кілька рядків, її номер ставлять на рівні першого рядка. Якщо в тексті або в додатку тільки одна формула, її нумерують так: (1).

У формулах треба використовувати умовні позначки фізичних величин, установлені в комплексі стандартів ДСТУ 3651.

Пояснення до позначок і числових множників, якщо їх не було раніше в тексті, треба подавати безпосередньо під формулою. Пояснення кожної позначки, що міститься у формулі, треба подавати з нового рядка в тій послідовності, в якій їх наведено у формулі. Перший рядок пояснення треба починати зі слова «де». Після пояснення позначки через кому пишуть одиницю відповідної фізичної величини.

## 6. УМОВНІ ПОЗНАЧКИ

У курсовій роботі треба використовувати умовні позначки, зображення та знаки, установлені в чинних стандартах. Наприклад, у багатьох стандартах параметр «Стала часу» позначають літерою «t».

Використовуючи за стандартизовану позначку, у тексті стандарту при його першій згадці треба дати пояснення, наприклад, «Стала часу». Якщо використано умовні позначки, зображення або знаки, не встановлені чинними стандартами, їх треба пояснювати в тексті і (або) в розділі «Позначки та скорочення».

Для позначання фізичних величин та їхніх одиниць виміру треба використовувати Міжнародну систему одиниць та дотримуватися вимог стандартів ДСТУ 3651.0 та ДСТУ 3651.1.

## 7. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Основна частина роботи має складатися з огляду та аналізу існуючих методів вирішення поставлених в індивідуальному завданні задач, як правило, це перший розділ пояснювальної записки, а також з результатів розрахунку (виконання) заданих завдань – це другий розділ роботи.

Розділи мають складатися з підрозділів, в яких висвітлюється відповідний (необхідний) матеріал. Текст курсової роботи пишеться від руки з одного боку стандартного аркуша одностороннього паперу формату А4 (210×297 мм ≈ 28–30 рядків на сторінку).

При написанні дотримуються таких розмірів: верхнє, ліве і нижнє поля не менше 20 мм, праве – не менше 10 мм. Абзацний відступ має бути однаковим впродовж усього тексту і дорівнювати п'яти знакам.

Номери сторінок потрібно проставляти арабськими цифрами у правому верхньому куті аркуша без крапки в кінці, дотримуючись наскрізної нумерації впродовж усього тексту роботи. Титульний аркуш враховують у загальній нумерації сторінок роботи, проте номер сторінки на титульному аркуші не проставляють.

Заголовки структурних частин (розділів) курсової роботи пишуть великими літерами симетрично до тексту, крапка в кінці заголовку не ставиться. Переноси частини слів в заголовку не допускаються, на інший рядок слово переноситься повністю. Якщо заголовок складається з двох речень, то вони розділяються крапкою. Кожний наступний розділ роботи починають з нової сторінки.

Розділи нумеруються арабськими цифрами в межах всієї курсової роботи, проте розділам «ЗМІСТ», «ВСТУП», «ВИСНОВКИ», «СПИСОК ВИ-

КОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ» номери не присвоюють. Крапка після цифри не проставляється. Відстань між заголовком і подальшим або попереднім текстом має бути не менше ніж два міжрядкових інтервали.

Заголовки підрозділів (підзаголовки) пишуться малими літерами окрім першої і розміщуються з абзацу. Переноси частини слів в підзаголовку не допускаються, на інший рядок слово переноситься повністю. Якщо підзаголовок складається з двох речень, то вони розділяються крапкою.

Не допускається розміщувати назву підрозділу, а також пункту й підпункту в нижній частині сторінки, якщо після неї розміщено тільки один рядок тексту. Підрозділи нумерують арабськими цифрами в межах розділу («1.1 Перший підрозділ першого розділу», «2.3 Третій підрозділ другого розділу»), крапка після останньої цифри не проставляють.

Першим розділом є теоретична частина відповідно індивідуального завдання. При виконанні індивідуального завдання насамперед слід ретельно вивчити наступні розділи лекцій: «Основні метрологічні характеристики засобів вимірювань», «Класифікація похибок», «Класи точності засобів вимірювань», «Принцип дії електромеханічних вимірювальних приладів», «Позначки на шкалах аналогових приладів», «Магнітоелектричний вимірювальний механізм», «Магнітоелектричні амперметри, вольтметри і гальванометри», «Електромагнітні вимірювальні механізми і прилади», «Електродинамічні вимірювальні механізми і прилади», «Феродинамічні вимірювальні механізми і прилади», «Електростатичні вольтметри», «Індукційні прилади», «Визначення методичних похибок», «Обробка результатів прямих одноразових і посередніх вимірювань».

Необхідно засвоїти, що метрологічними називаються характеристики засобів вимірювань, нормовані для отримання результату вимірювань і його похибок.

Слід ознайомитися з видами похибок і вивчити їх визначення. Засвоїти, що похибка засобу вимірювання є складовою сумарної похибки вимірювання.

Необхідно розібратися з особливостями розрахунків абсолютної, відносної і зведеної похибок, та запам'ятати відповідні формули. Звернути увагу на встановлення нормованого значення для різних засобів вимірювань.

Слід навчитися визначати межі вимірювань, ціну поділки шкали, чутливість і варіацію показів засобів вимірювань, користуючись їх визначеннями і формулами для розрахунку.

Правила нормування класів точності засобів вимірювань є основою при вивченні їх видів. Необхідно запам'ятати стандартні числа для нормування класів точності. Слід засвоїти, що чим менше цифри класу, тим вище точність засобу вимірювання.

При вивченні магнітоелектричних приладів потрібно звернути увагу на шунти і додаткові опори, які застосовуються для розширення меж вимірювань відповідно амперметрів і вольтметрів. Необхідно вивчити їх призначення, види, характеристики і схеми побудови приладів з багатьма межами вимірювань.

Слід засвоїти загальний для електромеханічних приладів принцип дії, вимірювальну схему і способи створення основних моментів сил: обертового і протидіючого. Необхідно зрозуміти, що їх одночасна дія у вимірювальному механізмі при поданні на нього вимірюваних електричних сигналів дозволяє провести градування шкали приладу.

## **8. РЕЦЕНЗУВАННЯ, ЗАХИСТ І ОЦІНЮВАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

Виконану в строк курсову роботу студент подає на рецензування не пізніше одного місяця до початку екзаменаційної сесії. У рецензії науковий керівник дає загальну оцінку курсової роботи з визначення актуальності теми, глибину розкриття теми дослідження, відзначає позитивні сторони роботи, а також недоліки, допущені студентом, вказує шляхи виправлення недоліків.



Рецензія на курсову роботу складається в одному примірнику, де вказується допуск до захисту і рекомендована оцінка. Оцінювання захисту роботи відбувається перед комісією у складі завідувача кафедри, керівника роботи, викладачів кафедри та планується в розкладі до складання форми контролю з дисципліни курсової роботи. Робота, в якій не розкрито тему або зміст курсової роботи не відповідає вибраній темі чи виконана не за методичними вказівками, до захисту не допускається.

У процесі підготовки до захисту курсової роботи студент уважно знайомиться зі змістом рецензії, відзначеними в ній критичними зауваженнями та побажаннями рецензента і відповідно до них будує свою роботу. Під час захисту студент говорить про актуальність вибраної теми, розкриває зміст її основних питань, обґрунтовує послідовність та основні параметри аналітичного дослідження, робить висновки та пропозиції. Він також відповідає на запитання членів комісії.

Якщо курсову роботу не подано і не захищено своєчасно без поважних причин, то в заліковій відомості студент отримує оцінку «незадовільно».

Оцінку «відмінно» заслуговує курсова робота, яка повністю і всебічно розкрито теоретичний зміст теми, проведено глибокий аналіз матеріалів про об'єкт дослідження, спостерігається творчий підхід до проблеми, зроблено обґрунтовані висновки. На захисті студент вільно володіє інформацією щодо отриманих результатів дослідження і відповідає на всі запитання членів комісії.

Оцінку «добре» заслуговує курсовий проект, який виконано на достатньо високому теоретичному рівні, тема дослідження висвітлена повно і всебічно висновки і пропозиції сформульовані правильно, але є певні неточності, деякі помилки.

Оцінка «задовільно» заслуговує курсовий проект, який виконано на достатньому теоретичному рівні, достатньо повно висвітлена тема дослідження, висновки в цілому правильні, але недостатньо аргументовані, на захисті студент не дав відповіді на всі запитання членів комісії.

Оцінка «незадовільно» отримують роботи, які не відповідають наведеним вимогам, а також ті, що подані до захисту пізніше зазначених строків.

## 9. ВИЗНАЧЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ВАРІАНТУ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Номер варіанту для виконання роботи визначається по «таблиці 1» з урахуванням учбового шифру студента у відповідності до двох останніх цифр. Необхідно знайти у вертикальному і горизонтальному рядках таблиці відповідні цифри шифру і у клітинці, що знаходиться на місці перехрещення граф визначити потрібні номери індивідуального завдання. Наприклад, якщо номер залікової книжки 990517, то студент має виконувати тему за номером 7.

Таблиця 1

Номера тем курсової роботи

Передостання цифра шифру	Остання цифра шифру									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
5	1	1	3	4	5	6	7	8	9	10
6	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
7	1	1	3	4	5	6	7	8	9	10
8	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
9	1	1	3	4	5	6	7	8	9	10
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

### Теми індивідуальних теоретичних завдань:

1. Метрологія та її значення в науково-технічному прогресі.
2. Фізичні величини та одиниці вимірювання.
3. Перевірка та калібрування вимірювальної техніки.
4. Методи вимірювань параметрів навіпровідникових кристалів та мікро-структур
5. Магнітоелектричні вимірювальні механізми.
6. Електродинамічні вимірювальні механізми.
7. Електростатичні вимірювальні механізми.
8. Універсальні електронні вольтметри.
9. Цифрові частотоміри середніх і миттєвих значень.
10. Осцилографи.
11. Віртуальні вимірювальні прилади.
12. Засіб вимірювальної техніки.
13. Неметрологічні характеристики ЗВТ.
14. Фактори, які впливають на процес формування похибок вимірювання.
15. Структура метрологічної системи України.
16. Метрологічне обслуговування вимірювальної техніки.
17. Еталони вимірювання.
18. Вимірювання струму і напруги.
19. Вимірювання електричного опору в колах постійного струму.
20. Вимірювання параметрів елементів електричних кіл змінного струму.

### Варіанти орієнтовних індивідуальних завдань з практичної части-

#### ни

**Варіант 1.** Показ вольтметра дорівнює 80 В, опори резисторів  $R_1=R_2=R_3$  і дорівнюють 1 кОм, опір вольтметра  $R_v$  складає 20 кОм. Визначити відносну і абсолютну методичні похибки вимірювання напруги вольтметром у схемі (рис. 1.1). Виключити методичну похибку з результату вимірювання.

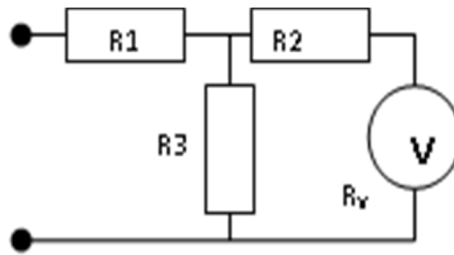


Рисунок 1.1 - Вимірювальна схема

**Варіант 2.** Межа вимірювання амперметра з шунтом 1,0 А. Він виконаний на базі магнітоелектричного міліамперметра з опором 90 Ом, межею вимірювання 0,1 А і шкалою на 100 поділок. Визначити опір шунта і силу струму в ланцюзі, куди включений амперметр, якщо його стрілка відхилилася на 80 поділок.

**Варіант 3.** Маємо 2 вольтметри з рівномірними шкалами і межами вимірювань 30 В і 100 В і класами точності 1,5 і 0,5 відповідно. Визначити, який з вольтметрів забезпечує найбільшу точність вимірювання напруги 25 В.

**Варіант 4.** При повірці аналогового вольтметра з межею вимірювання 30 В на кінцевій поділці шкали отримано показ зразкового приладу 29,98 В. Знайти абсолютну, відносну і зведену похибки, а також поправку.

**Варіант 5.** Аналоговий амперметр з рівномірною шкалою і межею вимірювання 100 мА має найбільшу абсолютну похибку 0,7 мА. Знайти клас точності приладу і похибки вимірювань сили струму 20 мА; 50 мА; 100 мА.

**Варіант 6.** Проведено вимірювання за допомогою вольтметра, що має верхню межу вимірювання  $U_k$  1000 і клас точності  $c/d = 0,1/0,01$ . В результаті вимірювання отримано показ вольтметра  $U=500,2$  В. Вимірювання здійснено при температурі навколишнього середовища  $\Theta$  та дії магнітного поля напруженістю  $H = 400$  А/м. Відомо, що температурна похибка не перевищує основну на кожних 10 °С відхилення температури від нормальних умов 20 °С, а магнітна похибка становить половину основної інструментальної по-

хибки приладу за напруженості зовнішнього поля до 400 А/м. Оцініть невідомість результату вимірювання напруги.

**Варіант 7.** Проведено 10 вимірювань напруги, отримано наступні значення: 124В; 125В; 123В; 125В; 127В; 124В; 124В; 123В; 124В; 127В. Межа вимірювання вольтметра становила  $U_{max} = 150 \text{ В}$ , а його клас точності 0,2. Обрахувати і записати результат вимірювання.

## 10. ПРИКЛАДИ РОЗРАХУНКУ ЗАВДАНЬ

Приклад розрахунку до варіанту 1. Відносну методичну похибку вимірювання напруги вольтметром розрахуємо за формулою:

$$\delta_{\text{мет.}U} = -\frac{100\%}{1+R_V/R_H}$$

де - опір навантаження (ланцюга).

Для розрахунку опору ланцюга, до якого підключений вольтметр, складемо еквівалентну схему вимірювального ланцюга з урахуванням вище наведених правил (рис. 1.2).

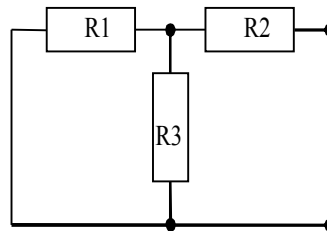


Рисунок 1.2 - Еквівалентна вимірювальна схема

Розрахуємо еквівалентний опір навантаження  $R_H$  відносно затискачів вольтметра:

$$R_H = R_2 + \frac{R_1 \cdot R_3}{R_1 + R_3} = 10^3 + \frac{10^6}{2 \cdot 10^3} (\text{Ом}) = 1500 (\text{Ом}),$$

Визначимо відносну методичну похибку, як:

$$\delta_{\text{мет.}U} = -\frac{100\%}{1+R_V/R_H} = -6,97 \%,$$

Розрахуємо абсолютну методичну похибку, як:

$$\Delta U_{\text{мет}} = \frac{\delta_{\text{мет.}U} \cdot U}{100\%} = \frac{-6,97 \cdot 80}{100} = -5,6 \text{ (В)},$$

Виключимо методичну похибку з результату вимірювання:

$$U_0 = U - \Delta U = 80 - (-5,6) = 85,6 \text{ (В)},$$

Отже, дійсне значення напруги у схемі складає 85,6 В.

Приклад розрахунку до варіанту 2. Спочатку потрібно нарисувати схему амперметра з шунтом (рис. 2.1). В умовах завдання сказано, що прилад виконаний на базі магнітоелектричного міліамперметра. Це означає, що його вимірювальний механізм (ВМ) магнітоелектричної системи. На схемі прийняті наступні позначення: ВМ - вимірювальний механізм магнітоелектричного міліамперметра;  $=U$  - постійна напруга джерела сигналу в схемі;  $R_{\text{ш}}$  - опір шунта;  $R_{\text{н}}$  - опір навантаження;  $R_{\text{ВМ}}$  - опір магнітоелектричного вимірювального механізму;  $I$  - вимірювана амперметром з шунтом сила струму;  $I_{\text{ВМ}}$  - номінальне (максимальне) значення сили струму у вимірювальному механізмі.

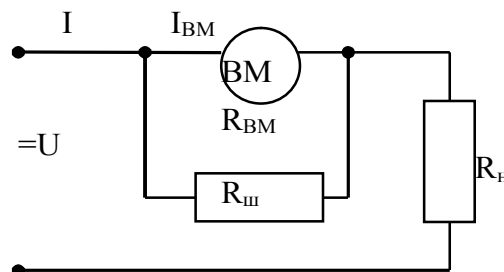


Рисунок 2.1 - Схема амперметра з шунтом

Розглянемо умови завдання. Межа вимірювання амперметра з шунтом 1,0 А означає, що це величина сили струму  $I$ , яка підлягає вимірюванню цим амперметром. Сила струму у вимірювальному механізмі  $I_{\text{ВМ}}$  - це граничне значення струму, вимірюване міліамперметром і за умовою завдання воно дорівнює 0,1 А. Відхилення стрілки від початкового «нульового» положення  $\alpha = 80$  поділок. Кількість поділок шкали  $N = 100$ .

Визначимо коефіцієнт шунтування, як:

$$k = I/I_{\text{ВМ}} = 1/0,1 = 10$$

Далі розрахуємо опір шунта за формулою:

$$R_{ш} = R_{ВМ}/(k - 1) = 90/(10 - 1) = 10(\text{Ом})$$

Щоби визначити струм в ланцюзі, до якого підключений амперметр, спочатку необхідно розрахувати ціну поділки амперметра:

$$c = I/N = 1/100 = 0,01 \text{ (А/под)}$$

Визначимо струм в ланцюзі з амперметром (покази амперметра):

$$I_x = c \cdot \alpha = 0,01 \cdot 80 = 0,8 \text{ (А)}.$$

Приклад розрахунку до варіанту 3. Точність вимірювань визначається відносною похибкою  $\delta$  і залежить не лише від класів точності приладів, але і від співвідношення їх меж вимірювання і значень вимірюваної величини. Для визначення точності вимірювань конкретним приладом застосовуємо формулу зв'язку відносної  $\delta$  і зведеної  $\gamma$  похибок, оскільки зведена похибка  $\gamma$  застосовується для нормування класу точності аналогових приладів з рівномірними шкалами. Розраховуємо відносну похибку вимірювання напруги 25 В кожним приладом:

$$\delta_1 = \pm(\gamma_1 \cdot U_{н1}/U) = \pm(1,5 \cdot 30/25) = \pm 1,8\%,$$

$$\delta_2 = \pm(\gamma_2 \cdot U_{н2}/U) = \pm(0,5 \cdot 100/25) = \pm 2,0\%.$$

Відповідь: незважаючи на нижчий клас точності першого вольтметра, він забезпечує більш високу точність вимірювання заданої величини.

Приклад розрахунку до варіанту 4. Визначимо абсолютну похибку вимірювання, як

$$\Delta U = U - U_0 = 30 - 29,98 = 0,02 \text{ (В)}$$

Розрахуємо відносну похибку вимірювання, як :

$$\delta = (\Delta U/U_0) \cdot 100\% = (0,02/29,98) \cdot 100\% \approx 0,067\%$$

Знайдемо зведену похибку вимірювання по формулі:

$$\gamma = (\Delta U/U_n) \cdot 100\% = (0,02/30) \cdot 100\% \approx 0,067\%$$

Поправка дорівнює абсолютній похибці, але із зворотнім знаком:  
 $c = -0,02 \text{ (В)}$ .

Приклад розрахунку до варіанту 5. У аналогових приладів з рівномірною шкалою у вигляді класу точності нормується границя допустимої зведеної похибки. Тому, спочатку необхідно розрахувати її максимальне значення,

а потім округлити це значення у більшій бік до найближчого числа із стандартного ряду чисел для нормування класів точності.

Визначимо границю зведеної похибки, як:

$$\gamma_{\max} = (\Delta I_{\max} / I_n) \cdot 100\% = (0,7/100) \cdot 100\% = 0,7\%$$

Найближчим до числа 0,7 при округленні його у більшій бік є стандартне число 1,0. Тому встановлюємо, що цифрою класу точності цього приладу є 1,0.

Похибка вимірювання визначається відносною похибкою. Тому відносні похибки вимірювань для кожного показу приладу складуть:

$$\delta_1 = \pm(\Delta I_{\max} / I_1) \cdot 100\% = \pm(0,7/20) \cdot 100\% \approx \pm 3,5\%$$

$$\delta_2 = \pm(\Delta I_{\max} / I_2) \cdot 100\% = \pm(0,7/50) \cdot 100\% \approx \pm 1,4\%$$

$$\delta_3 = \pm(\Delta I_{\max} / I_3) \cdot 100\% = \pm(0,7/100) \cdot 100\% \approx \pm 0,7\%$$

Звідси видно, що похибка вимірювань зменшується при наближенні вимірюваної величини до межі вимірювання приладу.

Приклад розрахунку до варіанту 6. Розглянемо приклад розв'язання завдання 6, нехай проведено вимірювання за допомогою вольтметра, що має верхню межу вимірювання  $V_k$  1000 В і клас точності 0,1/0,01. В результаті вимірювання отримано показ вольтметра  $V = 500,2$  В. Вимірювання здійснено при температурі навколишнього середовища та дії магнітного поля напруженістю  $H = 400$  А/м. Відомо, що температурна похибка не перевищує основну на кожних 10 °С відхилення температури від нормальних умов 20 °С, а магнітна похибка становить половину основної інструментальної похибки ЗВТ при напруженості зовнішнього поля до 400 А/м. Необхідно оцінити невизначеність результату вимірювання напруги.

Невизначеність результату вимірювання складається з основної інструментальної невизначеності, яка визначається за класом точності вольтметра, та додаткових невизначеностей, зумовлених відхиленням температури навколишнього середовища від нормальної та наявністю зовнішнього магнітного поля.



1. Оскільки клас точності приладу нормовано параметрами  $c$  (сума приведеної адитивної та відносної мультиплікативної похибок) та  $d$  (приведена адитивна похибка), а саме 0,1/0,01, то формула для розрахунку класу точності має вигляд:

$$\gamma = \pm \left[ c + d \left( \frac{Vk}{V} - 1 \right) \right] = \pm \left[ 0,1 + 0,01 \left( \frac{1000}{500,2} - 1 \right) \right] = \pm 0,11$$

Основна інструментальна невизначеність вимірювання напруги (невизначеність типу В) в цьому випадку розраховується за формулою:

$$B = \frac{\gamma U_H}{100\% \sqrt{12}}$$

$$U_{звт} = \frac{V\gamma}{100\% \sqrt{3}} = 500,2 \frac{0,11}{1,73 * 100} = 0,32 \text{ В}$$

2. Оскільки нормальна температура навколишнього середовища складає 20 °С, а значення температури навколишнього середовища при якому проводилось вимірювання складало  $t = 26$  °С, то додаткова невизначеність, що зумовлена відхиленням температури, буде дорівнювати:

$$u_t = \frac{26-20}{10} u_{звт} = 0,6 u_{звт} \approx 0,19 \text{ В.}$$

3. Додаткова невизначеність, що зумовлена впливом напруженості зовнішнього магнітного поля  $H=400$  А/м, буде дорівнювати:

$$U_H = \frac{1}{2} U_{звт} = 0,16 \text{ В.}$$

4. Комбінована невизначеність вимірювання напруги буде дорівнювати:

$$U_c = \sqrt{U_{звт}^2} + \sqrt{U_t^2} + \sqrt{U_H^2} = 0,41 \text{ В.}$$

5. Задавшись довірчим рівнем  $p = 0,95$  (з урахуванням припущення про нормальний закон розподілу результату вимірювання  $p k = 1,96$ ), знаходимо розширену невизначеність:

$$U = k_p u_c = 1,96 * 0,41 = 0,8 \text{ В.}$$

Отже, запишемо результат вимірювання у вигляді:

$$V = 500,2 \pm 0,8 \text{ В, при } p = 0,95$$

Отже, при оцінюванні результатів прямих вимірювань з одноразовим спостереженням можуть траплятися різні випадки, що залежать від кількості складових невизначеностей. Це може бути лише одна основна невизначеність або декілька складових невизначеностей. Невилучені складові стандартних невизначеностей, що залишаються після введення поправок, підсумовуються.

Приклад розрахунку до варіанту 7. Розрахунок:

$$\bar{U} = \frac{1}{10} (124 + 125 + 123 + 125 + 127 + 124 + 124 + 123 + 124 + 124) \text{ В} = \frac{1243}{10} = 124,6 \text{ В.}$$

Знаходимо дисперсію:

$$S^2 = \frac{1}{10-1} [(124 - 124,3)^2 + (125 - 124,3)^2 + (123 - 124,3)^2 + (125 - 124,3)^2 + (127 - 124,3)^2 + (124 - 124,3)^2 + (124 - 124,3)^2 + (123 - 124,3)^2 + (124 - 124,3)^2 + (124 - 124,3)^2] \text{ В}^2 = \frac{1}{9} [0,3^2 + 0,7^2 + 1,3^2 + 0,7^2 + 2,7^2 + 0,3^2 + 0,3^2 + 1,3^2 + 0,3^2 + 0,3^2] \text{ В}^2 \approx \frac{15,3 \text{ В}^2}{9} = 2,04 \text{ В}^2$$

Знаходимо систематичну похибку за класом точності 3В:

$$\Delta S = \frac{0,2\% * 150 \text{ В}}{100\%} = 0,3 \text{ В.}$$

Результат вимірювання:  $2,04 \pm 0,3 \text{ В.}$

## ЛІТЕРАТУРА

1. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з дисципліни «Основи теорії невизначеності вимірювань» для студентів усіх освітніх програм і форм навчання спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» / уклад. : О. М. Васілевський, К. В. Овчинников, В. В. Присяжнюк. Вінниця : ВНТУ, 2018. 57 с. URL : <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/22942> (дата звернення: 12.03.2021).
2. Методичні рекомендації до курсової роботи з навчальної дисципліни «Основи метрології» для студентів денної і заочної форм навчання спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» / уклад. М. М. Сіренко. Харків : НТУ «ХП», 2020. 19 с.
3. Нестерчук Д. М., Квітка С. О., Галько С. В. Основи метрології та засоби вимірювань : навч. посіб. Мелітополь : Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2017. 256 с.
4. Гнусов Ю. В., Тулупов В. В., Пересічанський В. М. Метрологія та вимірювання : навч. посіб. Харків : Харків. нац. ун-т внутр. справ, 2019. 125 с.
5. Лавренова Д. Л., Хлистов В. М. Основи метрології та електричних вимірювань : навч. посіб. Київ : НТУУ «КПІ», 2016. 124 с. URL : [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/15988/1/Osnovy\\_metrologii.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/15988/1/Osnovy_metrologii.pdf) (дата звернення: 12.03.2021).
6. Основи метрології та електричних вимірювань. Частина I : конспект лекцій / уклад. В. В. Кухарчук. Вінниця : ВНТУ, 2020. 148 с.

## НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Метрологія» розроблено з урахуванням таких нормативних документів:

1. ДСТУ 1.5:2003. Правила побудови, викладання, оформлення та вимоги до змісту нормативних документів. На заміну ДСТУ 1.5-93; чинний від 2003-01-07. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2003. URL : [https://dnaop.com/html/29579/doc-ДСТУ\\_1.5\\_2003](https://dnaop.com/html/29579/doc-ДСТУ_1.5_2003) (дата звернення: 18.05.2021).

2. ДСТУ 300895. Документація. звіти у сфері науки і техніки. структура і правила оформлення. Чинний від 1995-02-23. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 1995. 86 с. URL : [http://www.dnu.dp.ua/docs/ndc/standarts/DSTU\\_3008-95.pdf](http://www.dnu.dp.ua/docs/ndc/standarts/DSTU_3008-95.pdf) (дата звернення: 18.05.2021).

3. ДСТУ 3582:2013. Інформація та документація. Бібліографічний опис. Скорочення слів і словосполучень українською мовою. Загальні вимоги та правила. На заміну ДСТУ 3582-97; чинний від 2013-08-22. Вид. офіц. Київ: Мінекономрозвитку України, 2014. 17 с. URL : [http://lib.zsmu.edu.ua/upload/intext/dstu\\_3582\\_2013.pdf](http://lib.zsmu.edu.ua/upload/intext/dstu_3582_2013.pdf) (дата звернення: 18.05.2021).

4. ГОСТ 2.106-96. Единая система конструкторской документации текстовые документы. На замену ГОСТ 2.108-68, ГОСТ 2.112-70; действующий от 1996-04-12. Изд. офиц. Минск : Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1997. URL : <http://helpnik.college.ks.ua/standart/gost/Catalog/Index/4/4669.htm> (дата обращения: 18.05.2021).

Додаток А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ МИКОЛАЇВСЬ-  
КИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет технології виробництва і переробки продукції тваринництва,  
стандартизації та біотехнології

Кафедра птахівництва, якості та безпеки продукції

КУРСОВА РОБОТА

з дисципліни «Метрологія»

на тему: \_\_\_\_\_

(варіант \_\_\_\_\_)

Виконав: студент (ка) групи МЕТ 1/1

денної форми навчання

\_\_\_\_\_  
(ПІБ здобувача)

Перевірив: асистент кафедри птахівництва, якості та

безпеки продукції

Каницька І.В.

Миколаїв – 20\_

## ОФОРМЛЕННЯ ЗМІСТУ

## Зміст

Вступ.....	X
Розділ I. Огляд літератури.....	X
Розділ II. Розрахункова частина.....	X
Висновки та пропозиції.....	X
Список використаної літератури.....	X
Додатки .....	X

Навчальне видання

## МЕТРОЛОГІЯ

Методичні рекомендації для виконання курсового проекту

Укладачі:

**Патрєва** Людмила Семенівна,  
**Коцюбенко** Ганна Анатоліївна,  
**Люта** Ірина Миколаївна,  
**Каницька** Ірина Вікторівна

Формат 60×84 1/16 ум. друк. арк. 1,9  
Тираж 15 прим. Зам № \_\_\_\_\_

Надруковано у видавничому відділі  
Миколаївського національного аграрного університету  
54029, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013 р.