

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ
Інститут інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних систем і мереж



ПЛАНІ СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ

з дисципліни

МЕТОДИ ЦИФРОВОГО ОПРАЦЮВАННЯ **ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИГНАЛІВ**

(назва навчальної дисципліни)

для аспірантів спеціальності

F7(123) - Комп'ютерна інженерія
(шифр і назва)

Плани семінарських занять містить рекомендації щодо їх проведення та перелік питань, що розглядаються в межах обраних тем з дисципліни: **"Методи цифрового опрацювання вимірювальних сигналів"**. Для студентів, що навчаються за освітньо-науковою програмою на здобуття ступеня **доктор філософії** за спеціальністю **"F7(123) - Комп'ютерна інженерія"** / Мануляк І.З. - Івано-Франківськ: Видавництво ІФНТУНГ, 2025. – 10с.

Укладач:

доц. кафедри комп'ютерних систем
і мереж, к.т.н., доцент

_____ Ірина МАНУЛЯК

Рецензент:

професор кафедри інформаційно-телекомунікаційних
технологій та систем, д.т.н., професор

_____ Юрій СТРИЛЕЦЬКИЙ

Відповідальний за випуск:

зав. кафедри комп'ютерних систем
і мереж, д.т.н., професор

_____ Степан МЕЛЬНИЧУК

ЗМІСТ

1. Рекомендації щодо проведення семінарських занять	- 3
2. Тематичний план семінарських занять	- 3
3. План семінарського заняття №1	- 4
4. План семінарського заняття №2	- 5
5. План семінарського заняття №3	- 6
6. План семінарського заняття №4	- 7
7. План семінарського заняття №5	- 8
8. План семінарського заняття №6	- 9
Література	- 10

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРОВЕДЕННЯ СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ

Основною метою семінарських занять є поглиблення та закріплення знань, отриманих як на заняттях так і під час самостійного вивчення відповідних тем курсу.

Опитування студентів на семінарі проходить як за бажанням студента, так і за ініціативою викладача. Крім основних виступів студентів на семінарі, викладач оцінює також істотні доповнення до викладеної проблеми.

На семінарських заняттях можуть обговорюватися повідомлення, доповіді та реферати. У кінці заняття викладач підводить підсумки роботи, оцінює виступи і доповнення кожного студента, акцентуючи увагу на найбільш вдалим відповідях, недоліках у висвітленні теми. Крім цього, студенти отримують завдання щодо підготовки до наступного семінарського заняття.

Готуючись до семінарського заняття, студент повинен опрацювати рекомендовані до даної теми джерела та літературу, продумати відповіді на кожне питання, скласти план і стислі тези свого виступу. Важливе значення у підготовці до семінару мають консультації викладачів та наукового керівника, час і місце проведення яких доводиться до відома студентів.

Готуватися до семінарського заняття необхідно заздалегідь. Всебічна та ґрунтовна підготовка – важлива передумова створення творчої атмосфери при обговоренні передбачених планом семінару питань, змістовних виступів і доповнень.

На семінарі студенти повинні доповнювати свої записи новим матеріалом з виступів своїх товаришів та викладача.

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ

	Теми семінарських занять	Обсяг годин
М 1	Формування та опрацювання вимірювальних сигналів	40
1	Основні поняття щодо вимірювань. Сутність та особливості процесу вимірювань. Аналогові і дискретні вимірювальні сигнали	6
2	Вимірювальні перетворювачі. Електричні вимірювання неелектричних величин. Характеристики первинних вимірювальних перетворювачів	6
3	Похибки вимірювальних перетворювачів та методи їх оцінювання	6
4	Сигнали параметричних вимірювальних перетворювачів: резистивні, фотоелектричні, терморезисторні, ємнісні, електромагнітні, магнітопружні	8
5	Цифрова обробка вимірювальної інформації в комп'ютерних системах. Особливості дискретизації та квантування вимірювальних сигналів.	8
6	Кодування вимірювальних сигналів. Методи передачі цифрової інформації в інформаційно-вимірювальних каналах комп'ютерних систем	6

ПЛАН СЕМІНАРСЬКОГО ЗАНЯТТЯ №1

Тема № 1. Основні поняття щодо вимірювань. Сутність та особливості процесу вимірювань. Аналогові і дискретні вимірювальні сигнали.

Навчальний час: 6 год.

Мета і завдання семінару: ознайомлення з основними поняттями вимірювань, етапи процесу вимірювань, а також з фактором впливу на точність та достовірність результатів, розглянути сутність аналогових і дискретних вимірювальних сигналів, їх характеристики тощо, що реалізуються у інформаційно-вимірювальних каналах комп'ютерних систем.

Питання для перевірки базових знань за темою семінару:

1. Що таке вимірювання і чому воно є важливим процесом в науці та техніці?
2. Яка основна різниця між аналоговими та дискретними вимірювальними сигналами?
3. Які є основні етапи процесу вимірювання?
4. Що таке точність та похибка вимірювання і як вони впливають на результат?
5. Як здійснюється перехід від аналогових сигналів до дискретних в процесі вимірювань?
6. Які особливості має процес вимірювань у фізичних науках та технічних застосуваннях?
7. Що таке калібрування вимірювальних приладів і чому воно необхідне?
8. Як визначити достовірність результатів вимірювань?
9. Як впливає вибір типу сигналу (аналогового чи дискретного) на точність вимірювання?

План семінару:

1. Вступ:
 - актуальність вимірювань у сучасних науках і технологіях;
 - визначення терміну "вимірювання";
 - задачі і роль вимірювань у науці, техніці та промисловості;
 - похибка вимірювань, класифікація (систематична, випадкова, абсолютна, відносна);
 - точність і достовірність результатів вимірювання.
2. Сутність та етапи процесу вимірювання:
 - основні етапи процесу вимірювання: підготовка (вибір приладу, налаштування);
 - проведення вимірювань; оцінка результатів і їх обробка та інтерпретація;
3. Аналогові вимірювальні сигнали:
 - визначення аналогового сигналу;
 - характеристики аналогових сигналів (неперервність, амплітуда, частота, фаза);
 - приклади застосування аналогових сигналів у вимірюваннях (температура, тиск, напруга).
4. Дискретні вимірювальні сигнали:
 - визначення дискретного сигналу;
 - різниця між аналоговими і дискретними сигналами;
 - процес дискретизації аналогового сигналу (дискретизація, квантування);
 - приклади застосування дискретних сигналів у вимірюваннях (цифрові прилади, сенсори).
5. Порівняння аналогових та дискретних сигналів:
 - переваги та недоліки кожного типу сигналу;
 - вибір між аналоговим і дискретним сигналом в залежності від типу вимірювань;
 - вплив на точність вимірювань та обробку даних.

Форми контролю знань: обговорення питань, доповідей, рефератів; презентація виконаних завдань тощо.

ПЛАН СЕМІНАРСЬКОГО ЗАНЯТТЯ №2

Тема № 2. Вимірювальні перетворювачі. Електричні вимірювання неелектричних величин. Характеристики первинних вимірювальних перетворювачів.

Навчальний час: 6 год.

Мета і завдання семінару: ознайомлення з типами та класифікацією вимірювальних перетворювачів, їх принципом роботи та застосування для вимірювання неелектричних величин в комп'ютерних системах, їх основні характеристики, зокрема чутливість, лінійність, точність, температурну стабільність.

Питання для перевірки базових знань за темою семінару:

1. Основні типи первинних вимірювальних перетворювачів і їх функції.
2. Методи вимірювання неелектричних та електричних величини, переваги та недоліки.
3. Чутливість первинного вимірювального перетворювача і як вона визначається?
4. Лінійність характеристики вимірювального перетворювача.
5. Оцінка точності вимірювального перетворювача?
6. Поняття хибних показів у вимірюваннях, і як вони впливають на результат?
7. Визначення меж вимірювання для конкретного перетворювача?
8. Різниця між статичними і динамічними характеристиками вимірювальних перетворювачів.
9. Поняття коефіцієнту температурної чутливості вимірювального перетворювача?
10. Поліпшення точності вимірювань шляхом налаштувань характеристик перетворювача.

План семінару:

1. Основи вимірювальних перетворювачів:
 - визначення вимірювального перетворювача: принцип роботи та функції;
 - класифікація вимірювальних перетворювачів;
 - роль первинних вимірювальних перетворювачів у системах вимірювання.
2. Електричні вимірювання неелектричних величин:
 - проблема: перетворити механічні, температурні, оптичні та інші величини в електричні;
 - перетворення механічного руху в електричний сигнал, вимірювання температури термопарою
 - застосування перетворювачів у промисловості та науці.
3. Характеристики первинних вимірювальних перетворювачів:
 - огляд основних характеристик первинних вимірювальних перетворювачів:
 - чутливість, лінійність, температурна стабільність;
 - точність та достовірність вимірювань, їх зв'язок із похибками перетворювачів;
 - методи оцінки та покращення характеристик перетворювачів;
 - вплив зовнішніх факторів на вимірювання.
4. Приклади та застосування вимірювальних перетворювачів:
 - огляд практичних застосувань первинних вимірювальних перетворювачів;
 - аналіз конкретних прикладів: термометри на основі термопар, датчики тиску, п'єзоелектричні перетворювачі, вимірювання швидкості та деформацій;
 - обговорення технічних вимог до перетворювачів залежно від сфери застосування.
5. Калібрування вимірювальних перетворювачів:
 - основи калібрування вимірювальних перетворювачів;
 - методи калібрування та їх важливість для забезпечення точності вимірювань;
 - порівняння стандартних і спеціалізованих методів калібрування.

Форми контролю знань: обговорення питань, доповідей, рефератів; презентація виконаних завдань тощо.

ПЛАН СЕМІНАРСЬКОГО ЗАНЯТТЯ №3

Тема № 3. Похибки вимірювальних перетворювачів та методи їх оцінювання.

Навчальний час: 6 год.

Мета і завдання семінару: ознайомлення з поняттям похибки та її різновиди (систематичні, випадкові, грубі), основні джерела похибок, методи оцінювання похибок вимірювальних перетворювачів (статистичні методи, середньоквадратичної похибки, повної похибки), як фактори навколишнього середовища (температура, вологість, вібрація) можуть впливати на похибки.

Питання для перевірки базових знань за темою семінару:

1. Що таке похибка вимірювального перетворювача і як вона впливає на результат вимірювань?
2. Основні типи похибок, відмінність між систематичними та випадковими похибками;
3. Джерела систематичних похибок?
4. Оцінювання випадкові похибки, які статистичні методи використовують?
5. Груба похибка і як її виявити в ході вимірювання?
6. Як впливають фактори навколишнього середовища (температура, вологість, вібрація) на точність вимірювань і які похибки вони можуть викликати?
7. Як мінімізувати вплив похибок при використанні вимірювальних перетворювачів?
8. Методи коригування похибок вимірювальних перетворювачів.
9. Метод середньоквадратичної похибки і його застосування для оцінки точності вимірювань?
10. Які методи калібрування використовують для зменшення похибок?
11. Як вибір вимірювального перетворювача впливає на точність вимірювань та похибки?
12. Які фактори враховують при виборі методу оцінки похибок у вимірювальних системах?

План семінару:

1. Поняття похибок вимірювальних перетворювачів:
 - визначення похибки вимірювального перетворювача;
 - види похибок: систематичні, випадкові, грубі.
 - основні джерела похибок у вимірювальних системах.
2. Методи оцінювання похибок:
 - статистичні: середня похибка, середньоквадратична похибка;
 - стандартне відхилення та його значення для оцінки точності вимірювань.
 - метод повної похибки і його застосування;
 - зменшення випадкових похибок: підвищення кількості вимірювань, середнє значення.
 - оцінка систематичних похибок і коригування вимірювальних пристроїв.
3. Вплив факторів навколишнього середовища на похибки:
 - температурні, вологісні, механічні впливи тощо;
 - зміна чутливості та точності вимірювань при зміні зовнішніх умов;
 - компенсація впливу зовнішніх факторів на вимірювання (калібрування, коригування).
4. Методи мінімізації похибок:
 - технічні засоби для зменшення похибок: використання спеціальних вимірювальних схем і пристроїв; системи автоматичного коригування та калібрування; вибір оптимальних перетворювачів з мінімальними похибками;
 - застосування фільтрів та інших методів для зменшення шуму в сигналу.
5. Калібрування вимірювальних перетворювачів для зменшення похибок:
 - методи калібрування перетворювачів для зменшення систематичних похибок;
 - роль калібрування в забезпеченні точності вимірювань.

Форми контролю знань: обговорення питань, доповідей, рефератів; презентація виконаних завдань тощо.

ПЛАН СЕМІНАРСЬКОГО ЗАНЯТТЯ №4

Тема № 4. Основні принципи формування сигналів параметричних вимірювальних перетворювачів: резистивні, фотоелектричні, терморезисторні, ємнісні, електромагнітні, магнітопружні.

Навчальний час: 8 год.

Мета і завдання семінару: ознайомлення з основними принципами роботи параметричних вимірювальних перетворювачів, їх різновидами та характеристиками у вимірювальних каналах комп'ютерних систем

Питання для перевірки базових знань за темою семінару:

1. Параметричні вимірювальні перетворювачі і які їх основні характеристики?
2. Резистивні вимірювальні перетворювачі, величини вимірювання?
3. Залежність між температурою і опором у терморезисторних перетворювачах?
4. Принцип роботи фотоелектричних перетворювачів і їх застосування?
5. Ємнісні вимірювальні перетворювачі і які параметри вони зазвичай вимірюють?
6. Електромагнітні вимірювальні перетворювачі, їх переваги і недоліки?
7. Магнітопружні вимірювальні перетворювачі, особливості застосування.
8. Переваги електромагнітних перетворювачів в промислових умовах?
9. Які фактори можуть вплинути на точність вимірювань в параметричних перетворювачах?

План семінару:

1. Основи функціонування параметричних вимірювальних перетворювачів:
 - визначення параметричних перетворювачів та їх роль у вимірюваннях;
 - різниця між параметричними та іншими типами вимірювальних перетворювачів;
 - принципи роботи параметричних перетворювачів (електричні, оптичні, меха-нічні, магнітні).
2. Резистивні вимірювальні перетворювачі:
 - принцип роботи, залежність опору від фізичних параметрів (температура, вологість тощо);
 - сфери застосування, приклади використання.
3. Фотоелектричні вимірювальні перетворювачі:
 - принцип роботи, переваги та обмеження, вплив інтенсивності світла на сигнал;
 - застосування перетворювачів (датчики освітленості, оптичні системи тощо);
4. Терморезистивні вимірювальні перетворювачі:
 - принцип роботи, типи терморезисторів (NTC, PTC) і їх застосування;
 - приклади використання: термометри, системи контролю температури.
5. Ємнісні вимірювальні перетворювачі:
 - принцип роботи, залежність ємності від фізичних параметрів;
 - сфери застосування ємнісних датчиків (детектори рівня, вимірювання вологості).
6. Електромагнітні вимірювальні перетворювачі:
 - принцип роботи, вимірювання магнітних полів та їх вплив на сигнал;
 - застосування: детектори металів, датчики швидкості обертання.
7. Магнітопружні вимірювальні перетворювачі:
 - принцип роботи, взаємодія магнітного поля з механічними деформаціями;
 - сфери застосування: вимірювання деформацій, контролювання напруги.
9. Порівняння різних типів параметричних перетворювачів, особливості, приклади та проблеми їх використання.

Форми контролю знань: обговорення питань, доповідей, рефератів; презентація виконаних завдань тощо.

ПЛАН СЕМІНАРСЬКОГО ЗАНЯТТЯ №5

Тема № 5. Цифрова обробка вимірювальної інформації в комп'ютерних системах. Особливості дискретизації та квантування вимірювальних сигналів.

Навчальний час: 8 год.

Мета і завдання семінару: ознайомлення з основними поняттями цифрового опрацювання вимірювальної інформації та її важливістю для комп'ютерних вимірювальних систем; визначити основні етапи опрацювання вимірювальних сигналів, дискретизація сигналу при обробці вимірювальних аналогових сигналів, роль АЦП (аналогово-цифрових перетворювачів) у процесі перетворення та опрацювання вимірювальних сигналів;

Питання для перевірки базових знань за темою семінару:

1. Цифрове опрацювання вимірювальних сигналів та вимірювальної інформації.
2. Вплив АЦ-перетворення на результати опрацювання вимірювальної інформації?
3. Методи квантування сигналів, різниця між рівномірним та нерівномірним квантуванням.
4. Кількість бітів квантування, похибка квантування?
5. Теорема Найквіста і як вона пов'язана з процесом дискретизації?
6. Які проблеми виникають при недостатній частоті дискретизації вимірювального сигналу?
7. Типи АЦП і їх основні характеристики?
8. Проблеми опрацювання вимірювальних сигналів різних типів перетворювачів.
9. Приклади застосування цифрового опрацювання сигналів в різних вимірювальних каналах.

План семінару:

1. Цифрове опрацювання вимірювальної інформації:
 - переваги та недоліки цифрового опрацювання;
 - етапи опрацювання сигналів: дискретизація, квантування, обробка та аналіз.
2. Дискретизація вимірювальних сигналів:
 - процес дискретизації, теорема Найквіста;
 - визначення частоти дискретизації та її вплив на точність вимірювань;
 - практичні аспекти вибору частоти дискретизації.
3. Похибки дискретизації та квантування:
 - різниця між рівномірним та нерівномірним квантуванням;
 - кількість бітів квантування та її вплив на похибки вимірювання;
 - вплив недостатньої частоти дискретизації на точність вимірювань (ефект aliasing);
 - вплив кількості бітів квантування на точність (похибки квантування);
 - методи зменшення похибок: застосування фільтрів, збільшення розрядності АЦП тощо.
4. Аналогово-цифрові перетворювачі (АЦП) та їх характеристики:
 - огляд різних типів АЦП та їх характеристик (роздільна здатність, швидкість, точність);
 - роль АЦП у процесі дискретизації сигналу;
 - порівняння характеристик АЦП та вибір оптимального для певних вимірювальних задач.
5. Приклад використання цифрової обробки вимірювальних сигналів:
 - демонстрація реального прикладу цифрової обробки сигналів в вимірювальних системах;
 - розгляд застосування в промисловості, медичній техніці, наукових дослідженнях.
6. Порівняння аналогових і цифрових методів обробки сигналів:
 - порівняння переваг і недоліків аналогових і цифрових методів опрацювання;
 - особливості вибору цифрового чи аналогового опрацювання залежно від задачі.

Форми контролю знань: обговорення питань, доповідей, рефератів; презентація виконаних завдань тощо.

ПЛАН СЕМІНАРСЬКОГО ЗАНЯТТЯ №6

Тема № 6. Кодування вимірювальних сигналів. Методи передачі цифрової інформації в інформаційно-вимірювальних каналах комп'ютерних систем

Навчальний час: 6 год.

Мета і завдання семінару: ознайомлення з принципами кодування вимірювальних сигналів для передачі цифрової інформації, основні види кодування сигналів (лінійне, нелінійне, коригувальне кодування), методам цифрової передачі інформації, зокрема з модулюванням, мультиплексуванням та передачею в умовах шумових каналів; пояснити принципи коригування помилок при передачі інформації, вплив шуму і спотворень на якість сигналів в інформаційно-вимірювальних каналах.

Питання для перевірки базових знань за темою семінару:

1. Кодування вимірювальних сигналів для комп'ютерних систем?
2. Основні типи кодування використовуються в інформаційно-вимірювальних каналах?
3. Коригувальне кодування та як воно знижує помилки передачі вимірювальних сигналів?
4. Методи коригування помилок при передачі, їх переваги та недоліки?
5. Забезпечення точності і надійності передачі вимірювальних сигналів у каналах з шумом та спотвореннями?
6. Пропускна здатність каналу, і чому цей параметр критично важливий для передачі даних?
7. Мультиплексування і як це сприяє ефективності передачі через канали даних?
8. Помилки передачі даних і як їх можна виявити і виправити?
9. Стиснення даних і як це покращує ефективність передачі цифрової інформації?

План семінару:

1. Особливості кодування вимірювальних сигналів:
 - ключові поняття кодування: дискретизація, квантування, відновлення сигналу;
 - типи кодування: лінійне, нелінійне, коригувальне;
 - принципи вибору методу кодування залежно від вимог до точності та швидкості передачі.
2. Коригування помилок:
 - визначення коригувального кодування і його важливість;
 - особливості використання коригувальних кодів;
 - принципи роботи коригувальних кодів: як вони виявляють та виправляють помилки;
 - порівняння різних типів коригувальних кодів за їх ефективністю та використанням.
3. Методи передачі вимірювальної інформації:
 - методи передачі цифрової інформації в інформаційно-вимірювальних каналах
 - принципи роботи цифрових каналів і їх використання в вимірювальних системах;
 - переваги та недоліки різних методів передачі.
4. Шуми та спотворення вимірювальних сигналів:
 - шумові впливи на цифрові сигнали та методи боротьби з ними;
 - методи зменшення помилок і покращення якості передачі (фільтрація, коригувальні коди);
 - визначення пропускної здатності каналу і її вплив на точність передачі.
5. Приклади використання кодування та передачі цифрових сигналів у комп'ютерних вимірювальних системах.

Форми контролю знань: обговорення питань, доповідей, рефератів; презентація виконаних завдань тощо.

ЛІТЕРАТУРА

4.1 Основна література

1. Самборський І.І., Шолохов С.М., Юрченко О.В., Ніколаєнко Б.А., Основи цифрової обробки сигналів: навчальний посібник. Київ: ІСЗЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 171 с.
2. Жураковський Ю.П., Полторак В.П. Теорія інформації та кодування.-К.: Вища шк.,2001. – 225 с.
3. Шикалов В.С. Технологічні вимірювання: Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2005. – 200 с.
4. Основи та методи цифрової обробки сигналів: від теорії до практики: навч. посібник / уклад. : Ю.О. Ушенко, М.С. Гавриляк, М.В. Талах, В.В. Дворжак. – Чернівці : Чернівецький нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2021. 308 с.
5. Рибальченко М.О., Єгоров О.П., Зворикін В.Б. Цифрова обробка сигналів. Навчальний посібник. – Дніпро: НМетАУ, 2018. – 79 с.
6. Сусліков Л.М., Студеняк І.П. Первинні вимірювальні перетворювачі фізичних величин: Навчальний посібник. – Ужгород: Видавництво УжНУ, 2018. - 311 с.
7. Метрологія та вимірювальна техніка: Підручник / Є.С. Поліщук, М.М.Дорожовець, В.О Яцук, В.М. Ванько, Т.Г. Бойко; за ред. проф. Є.С. Поліщука. – Львів:Видавництво «Бескид Біт», 2003. – 544 с.

4.2 Додаткова література

8. Заболотній С. В. Цифрове оброблення сигналів: Посібник для студентів напряму підготовки 6.050901 "Радіотехніка" усіх форм навчання [Електронний ресурс] / Авт.-укл. С. В.Заболотній ; За ред. проф. Ю. Г. Леги ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси: ЧДТУ, 2010. – 119 с. ISBN 978-966-402-093-7.
9. Бабак В.П., Хандлецький В.С., Шрюфер Е. Обробка сигналів: Підручник. – К.: Либідь, 1996. – 392 с.
10. Фриз М.Є., Стадник М. А Обробка сигналів та зображень / Конспект лекцій з дисципліни.- Тернопіль: ТНТУ, 2015. – 97 с.
11. Ю.О. Ушенко, Е.В. Ватаманіца, М.В. Талах, В.В. Дворжак. Методи й засоби інтелектуальної обробки сигналів: обробка цифрових зображень / Ушенко Ю.О., Ватаманіца Е.В., Талах М.В., Дворжак В.В. – Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2022. – 60 с.
12. Бурштинський М.В., Хай М.В., Харчишин Б.М. Давачі. – Львів: ТзОВ «Простір М», 2013. – 184 с.

4.3 Інформаційні ресурси в Інтернеті

13. Нормативна база освітнього процесу в ІФНТУНГ. Електронний ресурс:
<https://nung.edu.ua/department/navchalnyy-viddil/04-normatyvno-pravova-baza-universytetu>
14. ДСТУ 3008:2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання / Нац. стандарт України. Вид. офіц. Електронний ресурс:
<https://metrology.com.ua/ntd/skachat-dstu-gost-gost-r/gost/dstu-3008-2015>
15. Digital Signal Processing for Measurement Systems: Theory and Applications. Електронний ресурс:
https://www.researchgate.net/publication/266911660_Digital_Signal_Processing_for_Measurement_Systems_Theory_and_Applications
16. Processing, Estimation and Measurement of Signals Parameters in Public Distribution Networks. Електронний ресурс: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-031-43107-4>.
17. Vibration Analysis, Instruments, and Signal Processing. Електронний ресурс:
https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781482231458_A24097777/preview-9781482231458_A24097777.pdf
18. Electrical Measurement, Signal Processing, and Displays. Електронний ресурс:
<https://www.perlego.com/book/1599490/electrical-measurement-signal-processing-and-displays-pdf>.