

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«КИЇВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ»



ЗАТВЕРДЖЕНО:

В.О. президента ДУ КАІ

Ксенія СЕМЕНОВА

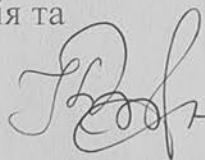
23 квітня 2025 року

ПРОГРАМА
ДОДАТКОВОГО ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ ДО АСПІРАНТУРИ
зі спеціальності G6 «Інформаційно-вимірювальні технології»
на здобуття ступеня доктора філософії
третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти
Галузь знань G «Інженерія, виробництво та будівництво»
Освітньо-наукова програма «Метрологія та інформаційно-вимірювальна
техніка»

ПЕРЕДМОВА

Програма додаткового вступного випробування за спеціальністю G6 «Інформаційно-вимірювальні технології», освітньо-наукова програма «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» охоплює теоретичні та прикладні питання метрології, електричних і неелектричних вимірювань, побудови сучасних засобів вимірювальної техніки, а також методів цифрової обробки вимірювальної інформації. Завдання фахового вступного випробування складено з метою виявлення рівня професійної підготовки, глибини аналітичного мислення, уміння застосовувати фундаментальні знання з метрології та інформаційно-вимірювальних технологій для вирішення наукових та інженерних задач. Програма спрямована на визначення готовності здобувача до навчання на третьому (освітньо-науковому) рівні вищої освіти для здобуття наукового ступеня доктора філософії (PhD) за спеціальністю G6 «Інформаційно-вимірювальні технології», освітньо-наукова програма «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка». В основу програми покладено теми, що охоплюють теоретичні основи метрології, засоби вимірювань та їх метрологічні характеристики, теорію похибок і невизначеність вимірювань, аналогові та цифрові вимірювальні прилади, методи обробки результатів вимірювань, мікропроцесорні вимірювальні системи, вимірювання електричних та неелектричних величин, а також сучасні підходи до калібрування та повірки засобів вимірювальної техніки.

Гарант програми PhD «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» д.т.н., професор



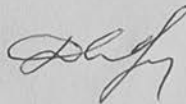
Володимир КВАСНІКОВ

Розробники програми
д.т.н., проф.,
завідувач кафедри
аеронавігаційних систем



Віталій ЛАРІН

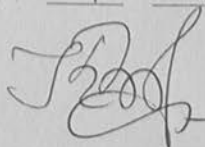
к.т.н., доц.,
доцент кафедри комп'ютеризованих
електротехнічних систем та технологій



Дмитро СІРИЙ

Програму додаткового вступного іспиту до аспірантури зі спеціальності G6 «Інформаційно-вимірювальні технології», освітньо-наукова програма «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» для підготовки на третьому (освітньо-науковому) рівні вищої освіти з метою здобуття наукового ступеня доктора філософії (PhD) обговорено та схвалено на засіданні кафедри комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій, протокол № 14 від «07» 04 2025р.

Завідувач кафедри



Володимир КВАСНІКОВ

ПРОГРАМА ДОДАТКОВОГО ВСТУПНОГО ВИПРОБУВАННЯ

Розділ 1. Основи сучасної метрології та її прикладні аспекти

1.1. Теоретичні засади поняття фізичної величини та її роль у метрологічному забезпеченні

Фізична величина виступає базовим поняттям у метрології, що характеризує об'єктивні властивості матеріальних об'єктів, які підлягають кількісному вимірюванню. Детально розглядається поняття одиниць виміру, класифікація фізичних величин (основні, похідні, допоміжні), їх систематизація у межах міжнародної системи одиниць SI. Особливу увагу приділено основному рівнянню вимірювання як математичному виразу, що пов'язує вимірювану величину з результатами експерименту.

1.2. Типологія, значення та етапи реалізації вимірювального процесу

Класифікація вимірювань здійснюється за різними ознаками: за характером зміни об'єкта, способом отримання результату, метою проведення. Аналізується практична важливість вимірювального процесу в промисловості, науці, контролі якості. Алгоритм виконання вимірювань розглядається як послідовність дій — від підготовки до аналізу результатів. Докладно описуються етапи експерименту, вибір засобів вимірювання, умови експерименту, вплив навколишнього середовища на точність та достовірність даних.

1.3. Прилади та системи для реалізації вимірювань: класифікація і функціональні особливості

Огляд сучасної вимірювальної техніки включає класифікацію за видом вимірювань (електричні, неелектричні, часові тощо), ступенем автоматизації, принципом дії. Розглядаються конструкції простих вимірювальних пристроїв і складних інформаційно-вимірювальних систем. Особлива увага приділена поняттю "засіб вимірювання" як нормативно визначеному інструменту з підтвердженими метрологічними характеристиками.

1.4. Методологія побудови вимірювальних процедур та вибору способу вимірювання

Методи вимірювань класифікуються як прямі, непрямі, диференційні, нульові, порівняльні. Для кожного типу наведено приклади використання, переваги й обмеження, а також критеріальні підходи до вибору методу залежно від вимог до точності, умов експерименту, доступності технічних засобів.

1.5. Характеристика, джерела та оцінювання похибок вимірювань

Похибка визначається як відхилення результату вимірювання від істинного значення. Розглядається класифікація похибок: систематичні, випадкові та грубі. Систематичні похибки аналізуються за їх джерелами: апаратними, методичними, особистими. Подано методи їх виявлення і зменшення. Випадкові похибки розглядаються на основі теорії ймовірностей і статистики. Детально описано способи кількісної оцінки похибок при прямих і опосередкованих вимірюваннях із застосуванням аналітичних і графічних методів.

1.6. Теорія і практика оцінювання невизначеності результатів вимірювання

Невизначеність є узагальненою характеристикою достовірності результату. Обґрунтовується застосування поняття стандартної, комбінованої та розширеної невизначеності відповідно до сучасного міжнародного підходу (GUM). Розглянуто основні джерела невизначеності — як статистичного, так і не статистичного походження. Подано алгоритм оцінювання невизначеності для серійних та одиничних вимірювань. Наведено приклади практичного застосування стандарту ISO/IEC Guide 98-3.

1.7. Властивості та метрологічні характеристики вимірювальних засобів у статичних і динамічних режимах

Аналізуються основні статичні характеристики: чутливість, повторюваність, гістерезис, шкала, похибка. Також розглянуто динамічні характеристики: інерційність, частотна характеристика, передавальна функція. Обговорюється нормативна документація з нормування похибок, а також сучасні методи експериментальної оцінки метрологічних параметрів.

1.8. Забезпечення простежуваності вимірювань: повірка, калібрування, еталонування

У цьому пункті розглянуто принципи повірки засобів вимірювальної техніки — як періодичної, так і первинної. Подано основи калібрування за міжнародними вимогами, процедури оцінювання та оформлення результатів. Аналізується значення простежуваності для досягнення взаємного визнання результатів вимірювань, а також роль національних і міжнародних еталонів у формуванні метрологічної ієрархії.

Розділ 2. Електромеханічні засоби для перетворення та реєстрації вимірювань

2.1. Магнітоелектричні вимірювальні системи та їх застосування в електричних колах постійного струму

Цей підрозділ присвячено аналізу принципів функціонування магнітоелектричних вимірювальних пристроїв, які базуються на взаємодії струму з магнітним полем у постійному магніті. Детально розглядаються конструкції амперметрів, вольтметрів, гальванометрів і омметрів, що використовують рамку у магнітному полі. Висвітлюються характеристики чутливості, інерційності, напрямки використання в лабораторній та польовій практиці. Аналізуються типові джерела похибок і способи їх мінімізації.

2.2. Електромагнітні прилади для вимірювання струму та напруги змінного струму

Описується будова і функціонування електромагнітних вимірювальних приладів, що використовують силу взаємодії між змінним струмом та магнітним полем. Наводиться класифікація за типом приладу — амперметри, вольтметри, індикатори. Розглядаються принципи роботи магнітопроводу, які впливають на діапазон, точність і стабільність роботи. Визначаються типові сфери застосування — енергетика, побут, виробництво.

2.3. Електродинамічні та феродинамічні прилади: взаємодія електричних струмів у вимірюваннях потужності та енергії

Аналізується механізм створення обертового моменту в електродинамічних приладах завдяки взаємодії струмів у двох обмотках. Подано порівняння

електродинамічної та феродинамічної систем, зокрема їх конструктивних відмінностей та показників надійності. Окрему увагу приділено ватметрам, фазометрам та частотомірам. Описано умови правильного підключення та джерела похибок при роботі з різними типами навантаження.

2.4. Електростатичні вимірювальні прилади та трансформатори електричних параметрів

Цей розділ містить відомості про електростатичні прилади, які функціонують за рахунок взаємодії заряджених тіл. Застосування таких приладів актуальне у вимірюваннях високих напруг. Наводяться типові конструкції трансформаторів струму і напруги змінного струму, основи їх калібрування, вимоги до фазового зсуву та обмеження в умовах перевантаження. Пояснюється, як забезпечується гальванічна розв'язка та зменшення впливу зовнішніх факторів.

2.5. Вимірювання активної та реактивної потужності й електричної енергії в одно- та багатозначних системах

Описуються методи визначення миттєвих, середніх та повних значень потужності в електричних колах. Розглядаються схеми вимірювань у трифазних системах із симетричним і несиметричним навантаженням. Подаються конструкції трифазних ватметрів, типові алгоритми визначення активної та реактивної потужності. Аналізуються джерела похибок вимірювань, що виникають при використанні трансформаторів. Детально розглянуто індукційні лічильники як стандартні засоби обліку енергії в побуті та промисловості.

Розділ 3. Електронні аналогові прилади та методи вимірювання електричних параметрів

3.1. Принципи функціонування електронних вольтметрів постійної та змінної напруги

Розглядаються особливості роботи електронних вольтметрів, призначених для вимірювання постійної та змінної напруги. Аналізуються різновиди приладів за типом випрямлення та способом індикації. Визначаються переваги пікових, середньоквадратичних та середньозначних вольтметрів при роботі з гармонічними і негармонічними сигналами. Також описано особливості калібрування таких пристроїв.

3.2. Електронні прилади для вимірювання частоти на основі зарядно-розрядних процесів у конденсаторах

Описано методику визначення частоти сигналів за допомогою електронних частотомірів, які працюють на принципах заряджання й розряджання конденсаторів. Розглянуто конструктивні рішення, елементну базу, а також обмеження точності, пов'язані зі швидкодією аналогових схем.

3.3. Вимірювання фазового зсуву за допомогою електронних фазометрів

Наведено методи вимірювання фазових зсувів між гармонічними сигналами. Описано роботу фазометрів із часовим перетворенням, які визначають зсув на основі інтервалів між переходами сигналів через нуль. Розглянуто вплив нестабільності частоти та завад на точність вимірювання.

3.4. Мостові схеми для вимірювання параметрів елементів електричних кіл

Пояснено принцип дії вимірювальних мостів постійного і змінного струму. Детально описано міст Уїнстона, мости для визначення опору, індуктивності, ємності. Розглянуто схеми ручного і автоматизованого балансування, а також методику досягнення точності при неідеальних умовах.

3.5. Компенсаційні методи вимірювань напруги та струму

Компенсатори розглядаються як точні прилади, що базуються на порівнянні вимірюваної величини з відомою. Вивчаються схеми компенсації в колах постійного та змінного струму. Пояснюється, як досягається нульовий показ при балансі, що дозволяє уникати похибок через навантаження на об'єкт вимірювання.

3.6. Електронні лічильники для вимірювання електричної енергії

Надається огляд принципів роботи електронних лічильників енергії — як однофазних, так і багатofазних. Описано основні блоки: вимірювальні перетворювачі, обчислювальні модулі, інтерфейси передачі даних. Висвітлюються переваги над традиційними індукційними лічильниками, зокрема в контексті інтеграції в системи «розумного» обліку.

Розділ 4. Цифрові засоби вимірювання та їх функціональні особливості

4.1. Основи квантування, дискретизації та вплив на точність цифрових приладів

Пояснено процес перетворення аналогового сигналу в цифровий шляхом квантування та дискретизації. Розглянуто вплив частоти дискретизації та глибини квантування на результат. Визначено основні джерела похибок у цифрових системах, зокрема через обмежену роздільну здатність та електронні шуми.

4.2. Структура та класифікація цифрових вимірювальних приладів

Наведено класифікацію цифрових засобів вимірювання за принципом дії, типом вимірюваних величин і призначенням. Виділено універсальні та спеціалізовані цифрові прилади, а також гібридні системи з аналогово-цифровим перетворенням.

4.3. Частотоміри цифрового типу: принципи та області застосування

Цифрові частотоміри базуються на підрахунку імпульсів за заданий інтервал часу. Визначено особливості частотомірів середніх і миттєвих значень, їх переваги при вимірюваннях нестабільних або імпульсних сигналів.

4.4. Цифрові фазометри: методика визначення фазових зсувів між сигналами

Принцип дії цифрових фазометрів засновано на вимірюванні часової різниці між переходами двох сигналів через нуль. Пояснено схему формування результату у цифровому коді та чутливість до синфазного шуму.

4.5. Методи вимірювання параметрів електричних ланцюгів за допомогою цифрових систем

Розглянуто способи визначення опору, індуктивності, ємності та інших параметрів електричних кіл на основі цифрового аналізу сигналів. Пояснено використання інтегрованих АЦП та обчислювальних алгоритмів.

4.6. Вольтметри цифрової дії для постійного струму

Пояснено принцип побудови цифрового вольтметра постійної напруги з використанням АЦП, подано типові схеми та методи компенсації похибок.

4.7. Аналіз цифрових вольтметрів змінної напруги з різними видами перетворення

Вивчаються цифрові вольтметри, що реалізують імпульсне, фазо-імпульсне та зарядове перетворення. Розглянуто їх швидкодію, точність і діапазон застосування.

4.8. Аналого-цифрові перетворювачі як основа цифрового вимірювального обладнання

Наведено огляд основних типів АЦП — інтеграційного, двотактного та швидкодіючих перетворювачів. Пояснено їх застосування у складі цифрових вольтметрів та мікропроцесорних систем.

Розділ 5. Засоби та методи вимірювання магнітних параметрів у технічних системах

5.1. Перетворювачі для вимірювання параметрів магнітного поля

Розглядаються типи перетворювачів, що перетворюють магнітні величини (індукцію, напруженість) у електричні сигнали. Визначено основні характеристики таких сенсорів: чутливість, лінійність, стабільність. Пояснюються схеми їх увімкнення та вплив на точність результатів.

5.2. Методи визначення параметрів постійних магнітних полів

Наведено принципи вимірювання постійної магнітної індукції, зокрема за допомогою пробних котушок і магнітометрів. Визначено особливості калібрування приладів та врахування фонових магнітних завад.

5.3. Визначення магнітного потенціалу та його градієнтів

Пояснено фізичну суть різниці магнітних потенціалів, способи її вимірювання через магнітну напругу. Наведено схеми та методи, які забезпечують підвищену чутливість до малих змін потенціалу.

5.4. Використання вібраційного магнітометра у вимірюваннях поля

Описано конструкцію та принцип дії вібраційного приладу для оцінки напруженості магнітного поля. Висвітлено його переваги при дослідженні слабких постійних полів, а також технічні аспекти застосування.

5.5. Дослідження властивостей феромагнетиків методом вимірювання магнітних характеристик

Пояснено методики отримання статичних і динамічних магнітних характеристик феромагнітних матеріалів: петля гістерезису, початкова проникність, коерцитивна сила. Наведено приклади побудови експериментальних установок.

5.6. Сенсорні системи на базі ефекту Холла та компенсаційних принципів

Розглянуто принцип роботи датчиків Холла та їх застосування у вимірюваннях струму й напруги без розриву кола. Описано конструкції сенсорів компенсаційного типу та алгоритми розрахунку параметрів. Порівнюються типи з аналоговим і цифровим виходом.

Розділ 6. Методи вимірювання неелектричних величин за допомогою електричних перетворювачів

6.1. Особливості вимірювання фізичних величин неелектричної природи

У цьому пункті розглядаються принципи перетворення механічних, термічних, світлових та інших неелектричних величин у відповідні електричні сигнали. Наводиться узагальнена структурна схема вимірювального перетворювача, що включає чутливий елемент, первинне перетворення, підсилення та індикацію. Особливу увагу приділено впливу зовнішніх факторів на точність та стабільність результату.

6.2. Різновиди перетворювачів параметричного та генераторного типів
Описано основні типи параметричних перетворювачів, які змінюють електричні властивості залежно від впливу зовнішніх неелектричних факторів:

- **Резистивні перетворювачі** — застосовуються для вимірювання тиску, деформації, переміщення;
- **Ємнісні перетворювачі** — використовуються при вимірюваннях рівня, товщини, вологості;
- **Індуктивні перетворювачі** — підходять для контролю зміщень, швидкості, магнітних параметрів;
- **Індукційні (генераторні) перетворювачі** — генерують напругу залежно від швидкості зміни об'єкта;
- **П'єзоелектричні та електретні** — призначені для швидкодинамічних процесів, наприклад, вібрацій чи акустики;
- **Термоелектричні** — засновані на ефекті Зеебека, використовуються для вимірювання температури;
- **Фотоелектричні** — конвертують інтенсивність світлового потоку в електричний сигнал.

Наведено порівняння характеристик, точності, швидкодії, стабільності та галузей застосування для кожного типу.

Розділ 7. Мікропроцесорні засоби обробки та аналізу вимірювальної інформації

7.1. Роль мікропроцесорів у вимірювальних системах нового покоління
Описується функціональне призначення мікропроцесорів у сучасних вимірювальних комплексах: автоматизація процесу вимірювання, корекція похибок, цифрова фільтрація, архівація даних, віддалений моніторинг. Пояснюється, як мікропроцесори підвищують точність, швидкодію і надійність вимірювань.

7.2. Типова архітектура мікропроцесорних вимірювальних систем
Розглядається структура системи: центральний процесор, АЦП/ЦАП, інтерфейси, пам'ять, засоби зв'язку з датчиками та користувачем. Пояснюється взаємодія між апаратною та програмною частиною в реальному часі.

7.3. Методи цифрового покращення метрологічних параметрів системи
Подано приклади застосування алгоритмів цифрової фільтрації, усереднення, компенсації температурних дрейфів, самодіагностики для покращення точності та стабільності. Розглядаються методи калібрування в цифровій формі.

7.4. Аналіз процесорних джерел похибок та способів їх мінімізації

Обговорюються джерела помилок, притаманні обчислювальному середовищу: затримки обробки, нестабільність тактової частоти, квантовані похибки. Пропонуються підходи до їх зменшення через оптимізацію коду, стабілізацію живлення та екранування.

7.5. Принципи реалізації частотомірів на базі мікропроцесора

Розглянуто алгоритм вимірювання частоти через аналіз імпульсних послідовностей або інтервалів часу. Пояснено принципи цифрового лічильника, таймера, та використання переривань мікроконтролера.

7.6. Побудова фазометрів на основі цифрової обробки сигналів

Пояснюється цифрова реалізація фазометрів через методи аналізу нульових перетинів, кореляцію, перетворення Фур'є. Визначаються переваги у точності та стабільності порівняно з аналоговими схемами.

7.7. Цифрові вимірювачі струму і напруги на базі мікроконтролера

Описується структура системи: аналоговий сенсор (шунт, трансформатор, ефект Холла) + АЦП + обчислювальний блок. Наведено приклади алгоритмів обробки результатів, фільтрації та калібрування.

7.8. Побудова цифрового каналу для вимірювання електричної потужності

Пояснено, як мікропроцесор обчислює активну, реактивну й повну потужність на основі зразків напруги та струму. Висвітлено формули, методи інтегрування, аналіз похибок та принцип роботи з несиметричним навантаженням.

РЕЙТИНГОВІ ОЦІНКИ

Відповідність рейтингових оцінок у балах оцінкам за національною шкалою

Оцінка в балах		Пояснення	
101 – 200	190 – 200	Відмінно (відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок)	Вступний іспит складено
	175 – 189	Добре (в загальному вірне виконання з певною кількістю суттєвих помилок)	
	101 – 174	Задовільно (непогано, але зі значною кількістю недоліків та задовольняє мінімальним критеріям)	
0 – 100		Додатковий вступний іспит не складено	

Рекомендована література

1. Кухарчук, В. В., Кучерук, В. Ю., Володарський, Є. Т., & Грабко, В. В. (2011). Основи метрології та електричних вимірювань [Підручник]. Вінниця: ВНТУ.
2. Васілевський, О. М., Кучерук, В. Ю., & Володарський, Є. Т. (2015). Основи теорії невизначеності вимірювань [Підручник]. Вінниця: ВНТУ.
3. Кухарчук, В. В., Кучерук, В. Ю., Володарський, Є. Т., & Грабко, В. В. (2013). Основи метрології та електричних вимірювань. Херсон: Олді-плюс.
4. Кухарчук, В. В., Кучерук, В. Ю., Долгополов, В. П., & Грумінська, Л. В. (2004). Метрологія та вимірювальна техніка [Навчальний посібник]. Вінниця: УНІВЕРСУМ.
5. Орнацький, П. П. (1983). Теоретичні основи інформаційно-вимірювальної техніки. Київ: Вища школа.
6. Mekid, S. (2021). Metrology and instrumentation: Practical applications for engineering and manufacturing. Wiley.
7. Bernstein, H. (2021). Measuring electronics and sensors: Basics of measurement technology, sensors, analog and digital signal processing. Springer Vieweg.
8. Aswal, D. K., Yadav, S., Takatsuji, T., Rachakonda, P., & Kumar, H. (Eds.). (2023). Handbook of metrology and applications. Springer.
9. Smith, J., & Jones, A. (2022). Metrology in Industry 4.0. TechBooks Publishing.
10. Wang, L. (2023). Optical measurement techniques and applications. Engineering Optics Press.
11. Taylor, S., & Brown, M. (2022). Nanometrology: Measuring at the nanoscale. NanoPress.
12. Green, D. (2023). Environmental metrology: Techniques and applications. EcoMetrics Press.

Допоміжна література

1. White, E., & Harris, R. (2022). Biomedical measurement systems and techniques. BioMeasure Publications.
2. Lewis, K. (2023). Legal metrology: Standards and practices. International Metrology Association.
3. Müller, T., & Schmidt, S. (2022). Metrology for additive manufacturing. AdditiveTech Press.
4. Davis, O. (2023). Digital transformations in measurement science. SmartMeasurement Books.
5. Martinez, L., & Gomez, J. (2022). Uncertainty evaluation in measurement processes. Metrology Research Group.
6. Robinson, M. (2023). Sensors and actuators in measurement systems. SensorTech Press.
7. Орнацький, П. П. (1980). Автоматичні вимірювання і прилади. Київ: Вища школа.

8. Поджаренко, В. О., & Кухарчук, В. В. (1991). Вимірювання і комп'ютерно-вимірювальна техніка. Київ: УМК ВО.

9. Володарський, Є. Т., Кухарчук, В. В., Поджаренко, В. О., & Сердюк, Г. Б. (2001). Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю. Вінниця: Велес.

Інформаційні ресурси в інтернеті

1. ДП «Укрметртестстандарт». (н.д.). Національний науковий центр метрології в Україні. <https://www.ukrcsm.kiev.ua>
2. Міністерство освіти і науки України. (н.д.). Офіційний вебсайт МОН України. <https://mon.gov.ua>.
3. Національний стандарт України. (2022). ДСТУ ISO/IEC 17025:2019. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=93389
4. MetrologyInfo.org. (2023). Метрологія: статті, стандарти, інструменти. <https://metrologyinfo.org>
5. National Institute of Standards and Technology (NIST). (2023). Measurement Science and Standards. <https://www.nist.gov>
6. EURAMET. (2023). European Association of National Metrology Institutes. <https://www.euramet.org>
7. BIPM – Bureau International des Poids et Mesures. (2023). The International System of Units (SI). <https://www.bipm.org/en/measurement-units/>
8. OpenLearn. (2022). Measurement and the SI System. Open University. <https://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology/measurement-and-the-si-system>
9. IEEE Xplore. (н.д.). Digital Library of Measurement and Instrumentation Articles. <https://ieeexplore.ieee.org>
10. ScienceDirect. (н.д.). Measurement Journal. Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/journal/measurement>