

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
ПРИЛАДОБУДІВНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою

Приладобудівного факультету

протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2022 р.

ПРОГРАМА КОМПЛЕКСНОГО АТЕСТАЦІЙНОГО ЕКЗАМЕНУ  
здобувачів вищої освіти  
освітнього ступеня **«бакалавр»**  
за освітньо-професійною програмою ***Комп'ютерно-інтегровані технології  
проектування приладів***  
спеціальності ***151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології***

Розроблено та рекомендовано:  
Кафедрою автоматизації та систем  
неруйнівного контролю  
Протокол № 18 від 21.04.2022 р.

Київ – 2022

## *Преамбула*

Програма комплексного атестаційного іспиту складена для проведення атестації здобувачів ступеня вищої освіти «бакалавр» з метою встановлення відповідності здобутих ними компетентностей та результатів навчання за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані технології проектування приладів» вимогам стандарту вищої освіти зі спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, зокрема:

- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
- Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- Знати принципи роботи технічних засобів автоматизації та вміти обґрунтувати їх вибір на основі аналізу їх властивостей, призначення і технічних характеристик з урахуванням вимог до системи автоматизації та експлуатаційних умов; мати навички налагодження технічних засобів автоматизації та систем керування.
- Вміти застосовувати методи системного аналізу, моделювання, ідентифікації та числові методи для розроблення математичних та імітаційних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій.
- Вміти застосовувати знання про основні принципи та методи вимірювання фізичних величин і основних технологічних параметрів для обґрунтування вибору засобів вимірювань та оцінювання їх метрологічних характеристик.

Для перевірки вищезазначених результатів до програми комплексного атестаційного іспиту включено питання з таких навчальних дисциплін:

- Перетворювачі фізичних величин;
- Теорія автоматичного управління;
- Теорія та проектування комп'ютерно-інтегрованих систем точної механіки.

Розробники програми:

КОТЛЯР Світлана Сергіївна, к.т.н., доцент кафедри АСНК

ПИСАРЕЦЬ Анна Валеріївна, к.т.н., доцент кафедри АСНК

ЗАЙЦЕВ Віктор Миколайович, старший викладач б/с, кафедри АСНК

## ***Порядок проведення атестаційного екзамену***

Розроблено відповідно до діючого регламенту проведення семестрового контролю та захистів кваліфікаційних робіт та атестаційних екзаменів в дистанційному режимі (<https://osvita.kpi.ua/node/148>).

До атестаційного екзамену допускаються здобувачі вищої освіти, які виконали освітньо-професійну програму (до захисту кваліфікаційної роботи), отримали оцінки по всіх освітніх компонентах обов'язкової частини та у встановленому ОПП обсязі освітніх компонентів вибіркової частини Навчального плану підготовки здобувачів вищої освіти.

Для належного проходження атестаційного іспиту здобувачу необхідно використовувати комп'ютер/ноутбук або смартфон оснащений камерою, технічні можливості якого дозволяють підтримувати режим відеоконференції;

Проведення атестаційного іспиту здійснюється з використанням сервісу відео конференції Zoom, відеозапис зберігається;

Під час on-line події, атестаційного іспиту, одночасно під'єднуються здобувачі освіти та члени екзаменаційної комісії за посиланням розташованим <https://do.ipo.kpi.ua/course/view.php?id=5755>.

Перед початком іспиту за допомогою генератора випадкових чисел <https://uk.piliapp.com/random/number/> здійснюється рандомний вибір білету.

Екзаменаційний білет складається з трьох завдань з наведеного вище переліку дисциплін: двох теоретичних та одного практичного.

Проведення атестаційного екзамену проводиться письмово та триває не більше 2 астрономічних годин (120 хвилин) без перерви.

Виконані письмові роботи фотографуються та завантажуються студентами за посиланням <https://do.ipo.kpi.ua/course/view.php?id=5755>.

Під час проведення вступного випробування Здобувачу освіти забороняється використовувати сторонні джерела інформації – допоміжні матеріали, мобільні пристрої, довідники та технічні засоби, за виключенням калькулятора, але не з мобільного телефону.

Розклад роботи екзаменаційної комісії та проведення атестаційного екзамену затверджується наказом по університету і оприлюднюється на

офіційному сайті структурного підрозділу <https://asnk.kpi.ua> та за посиланням <https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=5755>.

У разі виникнення у здобувачів освіти технічних перешкод під час першої спроби повторне складання атестаційного іспиту відбувається в резервний день передбачений графіком роботи екзаменаційної комісії.

## ***Перелік тем, що виносяться на атестаційний екзамен***

### **Навчальна дисципліна: «Перетворювачі фізичних величин»**

Електромагнітні вимірювальні перетворювачі. Індукційні вимірювальні перетворювачі. Електродинамічні вимірювальні перетворювачі. Магнітоелектричні моментні перетворювачі. Механотронні вимірювальні перетворювачі. Механотронні диференційні перетворювачі. П'єзоелектричні перетворювачі з поперечним, з повздовжнім та з зворотнім п'єзоефектами. Трансформаторні вимірювальні перетворювачі. Індуктивні вимірювальні перетворювачі лінійних та кутових переміщень. Ємнісні вимірювальні перетворювачі. Перетворювачі контактного опору. Тензорезисторні дротяні, фольгові, плівкові, фольгові та напівпровідникові перетворювачі. Потенціометричні вимірювальні лінійні, кутові, функціональні та синусно-косинусні перетворювачі.

### **Навчальна дисципліна: «Теорія автоматичного управління»**

Класифікація систем автоматичного керування за характером внутрішніх динамічних процесів. Динамічна ланка. Передаточна функція. Класифікація динамічних ланок. Характеристики динамічних ланок. Структурні схеми систем автоматичного керування. Правила перетворення структурних схем. Передаточні функції лінійних систем автоматичного керування. Передаточні функції розімкненої і замкненої систем. Частотна передаточна функція. Частотні характеристики динамічних об'єктів (амплітудна частотна, фазочастотна, дійсна частотна, уявна частотна, амплітудно-фазова частотна характеристики). Логарифмічні частотні характеристики динамічних ланок. Стійкість системи керування. Характеристичне рівняння та його корені. Межі стійкості. Критерії стійкості. Показники якості перехідного процесу. Усталені похибки статичних і астатичних систем керування.

Навчальна дисципліна: **«Теорія та проектування комп'ютерно-інтегрованих систем точної механіки»**

Особливості, вимоги, умови експлуатації ЗВ. Нормальні умови експлуатації, які формують основну похибку ЗВ. Характеристика умов експлуатації та зменшення їх впливу на характеристику ЗВ. Статичні характеристики ЗВ. Розрахунок статичних характеристик ЗВ. Класифікація похибок вимірювань і похибок ЗВ. Розрахунок граничних похибок. Динамічні характеристики і похибки ЗВ. Синтез динамічних характеристик за перехідною функцією та частотними характеристиками, визначення оптимальних параметрів ЗВ, виходячи з заданої динамічної похибки. Методи зменшення динамічних похибок. Статичні характеристики пружних чутливих елементів ваговимірювальних перетворювачів згинального та зсувного типу.

*Перелік питань, для формування екзаменаційних білетів*

**I. Питання з дисципліни «Перетворювачі фізичних величин»**

1. Електромагнітні вимірювальні перетворювачі. Принцип дії, переваги та недоліки, області застосування. Приклади конструкцій електромагнітних приладів для вимірювання електричних величин.

2. Індукційні вимірювальні перетворювачі. Принцип дії, переваги та недоліки, області застосування. Приклади конструкцій індукційних приладів для вимірювання кутової швидкості.

3. Електродинамічні вимірювальні перетворювачі. Принцип дії, переваги та недоліки, області застосування. Приклади конструкцій компенсаційних приладів для вимірювання різниці тисків з електродинамічними перетворювачами.

4. Магнітоелектричні моментні перетворювачі. Принцип дії, переваги та недоліки, області застосування. Приклади конструкцій компенсаційних приладів для вимірювання прискорення з магнітоелектричними перетворювачами.

5. Магнітоелектричні силові перетворювачі. Принцип дії, переваги та недоліки, області застосування. Приклади конструкцій магнітоелектричних перетворювачів в компенсаційних приладах для вимірювання тиску.

6. Механотронні вимірювальні перетворювачі. Принцип дії, переваги та недоліки, області застосування. Статичні характеристики. Приклади конструкцій механотронних перетворювачів переміщень.

7. Механотронні диференційні перетворювачі. Принцип дії, переваги та недоліки, області застосування. Вимірювальні схеми та статичні характеристики. Приклади конструкцій механотронних перетворювачів тиску та зусиль.

8. П'єзоелектричні перетворювачі. Принцип дії, переваги та недоліки, області застосування. Схеми включення та статичні характеристики перетворювачів з повздовжнім п'єзо ефектом. Приклади конструкцій п'єзоелектричних перетворювачів сили.

9. П'єзоелектричні перетворювачі. Принцип дії, переваги та недоліки, області застосування. Схеми включення та статичні характеристики перетворювачів з поперечним п'єзо ефектом. Приклади конструкцій п'єзоелектричних перетворювачів тиску.

10. П'єзоелектричні перетворювачі. Принцип дії, переваги та недоліки, області застосування. Схеми включення та статичні характеристики перетворювачів з зворотнім п'єзо ефектом. Приклади конструкцій п'єзоелектричних генераторів звукових коливань.

11. П'єзоелектричні перетворювачі. Принцип дії, переваги та недоліки, області застосування. Приклади конструкцій п'єзоелектричних перетворювачів постійних або квазістатичних сигналів. Схеми включення та статичні характеристики.

12. Трансформаторні вимірювальні перетворювачі. Принцип дії, переваги та недоліки, області застосування. Диференційні схеми включення та статичні характеристики. Приклади конструкцій трансформаторних перетворювачів лінійних переміщень.



13. Трансформаторні вимірювальні перетворювачі з кутовим переміщенням ротора та якорем. Принцип дії, переваги та недоліки, області застосування. Схеми включення та статичні характеристики. Приклади конструкцій трансформаторних перетворювачів кутових переміщень.

14. Індуктивні вимірювальні перетворювачі. Принцип дії, переваги та недоліки, області застосування. Диференційні схеми включення та статичні характеристики. Приклади конструкцій індуктивних перетворювачів лінійних переміщень.

15. Індуктивні вимірювальні перетворювачі з кутовим переміщенням ротора. Принцип дії, переваги та недоліки, області застосування. Схеми включення та статичні характеристики. Приклади конструкцій індуктивних перетворювачів кутових переміщень.

16. Ємнісні вимірювальні перетворювачі. Принцип дії, класифікація, переваги та недоліки, області застосування. Резонансна схема включення та статичні характеристики. Приклади конструкцій ємнісних перетворювачів лінійних переміщень.

17. Ємнісні вимірювальні перетворювачі. Принцип дії, переваги та недоліки, області застосування. Мостові схеми включення та статичні характеристики. Приклади конструкцій ємнісних перетворювачів кутових переміщень.

18. Перетворювачі контактного опору. Принцип дії, переваги та недоліки, області застосування. Матеріали. Схеми включення та статичні характеристики. Приклади конструкцій перетворювачів механічних величин.

19. Тензорезисторні дротяні та фольгові перетворювачі. Принцип дії, переваги та недоліки, області застосування. Тензочутливі матеріали. Схеми включення та статичні характеристики. Приклади конструкцій перетворювачів зусиль.

20. Тензорезисторні напівпровідникові перетворювачі. Принцип дії, переваги та недоліки, області застосування. Тензочутливі матеріали. Схеми включення та статичні характеристики. Приклади конструкцій перетворювачів прискорення.

21. Тензорезисторні плівкові перетворювачі. Принцип дії, переваги та недоліки, області застосування. Тензочутливі матеріали. Схеми включення та статичні характеристики. Приклади конструкцій перетворювачів тиску.

22. Тензорезисторні наклеювані фольгові перетворювачі. Принцип дії, переваги та недоліки, області застосування. Тензочутливі матеріали та види клеїв. Мостові схеми включення та статичні характеристики. Приклади конструкцій тензорезисторних перетворювачів механічних величин.

23. Потенціометричні вимірювальні перетворювачі. Принцип дії, переваги та недоліки, області застосування. Диференційні і мостові схеми включення та статичні характеристики. Методи усунення похибок нелінійності. Приклади конструкцій потенціометричних перетворювачів.

24. Потенціометричні функціональні вимірювальні перетворювачі. Принцип дії, переваги та недоліки, області застосування. Диференційні схеми включення та статичні характеристики. Приклади конструкцій потенціометричних перетворювачів лінійних переміщень.

25. Потенціометричні синусно-косинусні вимірювальні перетворювачі. Принцип дії, переваги та недоліки, області застосування. Схеми включення та статичні характеристики. Приклади конструкцій потенціометричних перетворювачів кутових переміщень.

## **II. Питання з дисципліни «Теорія автоматичного управління»**

1. Класифікація систем автоматичного керування за характером внутрішніх динамічних процесів.

2. Поняття про динамічну ланку. Передаточна функція. Класифікація динамічних ланок.

3. Часові характеристики динамічної ланки, системи. Визначення перехідної та імпульсної характеристик.

4. Позиційні динамічні ланки. Передаточні функції, часові та частотні характеристики.

5. Інтегрувальні динамічні ланки. Передаточні функції, часові та частотні характеристики.
6. Диференціювальні динамічні ланки. Передаточні функції, часові та частотні характеристики.
7. Структурні схеми систем автоматичного керування. Передаточні функції типових з'єднань динамічних ланок. Правила перетворення структурних схем.
8. Передаточні функції лінійних систем автоматичного керування. Передаточні функції розімкненої і замкненої систем. Передаточні функції замкненої систем за похибкою, за зовнішнім збуренням.
9. Частотна передаточна функція. Частотні характеристики динамічних об'єктів (амплітудна частотна, фазочастотна, дійсна частотна, уявна частотна, амплітудно-фазова частотна характеристики).
10. Поняття та визначення логарифмічних характеристик. Логарифмічні частотні характеристики динамічних ланок.
11. Побудова логарифмічних частотних характеристик розімкненої системи.
12. Поняття про стійкість системи керування. Характеристичне рівняння та його корені. Межі стійкості.
13. Алгебраїчний критерій стійкості Гурвіца.
14. Частотні критерії стійкості. Критерій Михайлова. Критерій Найквіста – Михайлова.
15. Логарифмічний частотний критерій стійкості. Запаси стійкості.
16. Прямі показники якості перехідного процесу.
17. Частотні методи аналізу якості перехідних процесів систем автоматичного керування.
18. Кореневі методи оцінки якості регулювання.
19. Усталені похибки статичних систем керування за типових збурень.
20. Усталені похибки астатичних систем керування за типових збурень.

### **III. Питання з дисципліни «Теорія та проектування комп'ютерно-інтегрованих систем точної механіки»**

1. Роль проектування у виробництві засобів вимірювань точної механіки. Завдання, які ставляться при розробці засобів вимірювань (ЗВ). Роль метрології при проектуванні ЗВ, еталонна база.

2. Особливості, вимоги, умови експлуатації ЗВ. Нормальні умови експлуатації, які формують основну похибку ЗВ. Характеристика умов експлуатації та зменшення їх впливу на характеристики ЗВ (температура, густина середовища, вологість, механічні перенавантаження).

3. Стадії розробки засобів вимірювань. Коротка довідка по “Єдиній системі конструкторської документації” (ЄСКД). Проектні стадії розробки ЗВ: технічна пропозиція, ескізний проект, технічний проект. Характеристика їх, види робіт та документація на кожній стадії. Вигоди при введенні в виробництво ЄСКД.

4. Загальні відомості про статичні характеристики. Лінійні та нелінійні характеристики. Методи лінеаризації нелінійних характеристик. Статична характеристика первинного вимірювального перетворювача (чутливий і вимірювальний елементи).

5. Розрахунок статичних характеристик ЗВ за відомими характеристиками елементів (аналіз і синтез) – для ЗВ прямої дії, компенсаційних (астатичних і статичних). Аналіз і синтез графічного визначення статичної характеристики ЗВ різного принципу дії.

6. Розрахунок статичної характеристики ЗВ за структурною схемою. Короткі відомості про чутливості елементів і ЗВ в цілому. Визначення чутливості для ЗВ різного принципу дії.

7. Характеристика основних і додаткових похибок. Вихідні дані для розрахунку статичних похибок.

8. Класифікація похибок вимірювань і похибок ЗВ. Фактори, які визначають інструментальні похибки вимірювань (виробничо-технологічні, температурні); характеристика їх. Загальна характеристика інструментальних

похибок і похибок методу вимірювання (методичні похибки).

9. Розрахунок інструментальних похибок: виробничо-технологічних систематичних та відносних, температурних. Розрахунок похибок методу вимірювання.

10. Розрахунок похибок за структурною схемою. Методика розрахунку, визначення коефіцієнтів впливу 1-го (для абсолютних похибок) та 2-го (для відносних похибок) роду для різних видів з'єднання елементів вимірювального ланцюга. Питання аналізу і синтезу.

11. Розрахунок граничних похибок двома методами: максимум-мінімум та ймовірності. Характеристика цих методів. Систематичні та відносні верхні та нижні відхилення виходу ЗВ при імовірнісному методі – визначення сумарної середньої похибки та середньоквадратичного відхилення похибки; використання їх при визначенні допустимих значень похибок ЗВ та ймовірності одержання допустимих похибок. Мінімізація граничних похибок.

12. Розрахунок відхилення дійсної характеристики від заданої: максимальне відхилення та її координати, відхилення від лінійної характеристики. Одержання лінійної характеристики ЗВ методом допущень з визначенням похибки при цьому.

13. Динамічні характеристики і похибки ЗВ. Вихідні дані для розрахунку динамічних характеристик і похибок. Передаточна функція, перехідна функція, частотні характеристики; зв'язок між ними; диференціальне рівняння рівноваги сил і моментів. Типові диференціальні ланки (динамічні характеристики).

14. Особливості визначення динамічних характеристик з механічною, тепловою, пневматичною, гідравлічною інерцією (при допущенні, що електричні елементи – без інерційні). Визначення приведених сил і моментів. Динамічна характеристика ЗВ прямої дії.

15. Аналіз динамічних характеристик 1-го, 2-го та 3-го порядків. Мета і задачі аналізу за перехідною функцією (визначення типу ЗВ, тривалість перехідного процесу) та частотними характеристиками (визначення амплітудно-частотної, фазочастотної, смуги пропускання частот).

16. Синтез динамічних характеристик за перехідною функцією та

частотними характеристиками, визначення оптимальних параметрів ЗВ, виходячи з заданої динамічної похибки (по раціональному перехідному процесу визначити оптимальний ступінь заспокоєння, оптимальні коефіцієнти демпфірування і частоти власних коливань). Методи зменшення динамічних похибок: параметрична і структурна оптимізація.

17. Статичні характеристики пружних чутливих елементів тензорезисторних ваговимірювальних перетворювачів згинального та зсувного типу. Перетворення зусиль у відносну деформацію розтягу-стиску.

18. Статичні характеристики пружних чутливих елементів ваговимірювальних перетворювачів згинального та зсувного типу зусилля в переміщення.

19. Мостові схеми перетворювачів механічних величин в електричні сигнали. Робочі коефіцієнти перетворення тензорезисторних, ємнісних та трансформаторних датчиків механічних величин.

20. Зв'язок статичних та динамічних характеристик ЗВ.

## *Приклад типового екзаменаційного білету*

1. Структурні схеми систем автоматичного керування. Передаточні функції типових з'єднань динамічних ланок. Правила перетворення структурних схем.

2. Магнітоелектричні силові перетворювачі. Принцип дії, переваги та недоліки, області застосування. Приклади конструкцій магнітоелектричних перетворювачів в компенсаційних приладах для вимірювання тиску.

3. Визначити чутливість  $S_0$  вимірювального перетворювача (ВП). Структурно ВП являє собою дві послідовно з'єднані ланки, динамічні властивості яких характеризуються передаточною функцією

$$W_1(p) = \frac{7}{3p^2 + 2p + 14} \text{ та перехідною функцією } h_2(t) = 17 - 25 \cdot e^{-2t} \sin(\omega_{\text{дем}} t + \varphi_0).$$

### *Критерії оцінювання відповідей здобувачів освіти*

1. Оцінювання здійснюється за результатами відповідей на три екзаменаційні завдання з наведеного вище переліку дисциплін.

2. Відповідь на кожне завдання білету оцінюється за 100-бальною шкалою:

Бали Ri	Критерії оцінювання відповіді на кожне завдання білету
95...100	Студент володіє глибокими і міцними знаннями в обсязі програми навчальної дисципліни, усвідомлено використовує їх для прийняття правильних та обґрунтованих технічних рішень в нестандартних ситуаціях. Студент продемонстрував уміння та навички достатні для одержання відмінного безпомилкового розв'язання завдання в повному обсязі та отримав правильну відповідь.
85...94	Студент володіє узагальненими знаннями в обсязі програми навчальної дисципліни, аргументовано використовує їх для прийняття правильних рішень у нестандартних ситуаціях. Студент продемонстрував уміння та навички достатні для

	правильного розв'язання та отримання правильної відповіді.
75...84	Студент самостійно і логічно відтворює матеріал, в обсязі програми навчальної дисципліни, аргументовано використовує їх для прийняття правильних рішень у нестандартних ситуаціях. Студент продемонстрував уміння та навички для правильного розв'язання завдання та отримання відповіді, з несуттєвими помилками або нераціональним способом розв'язання, чи при розв'язанні допущені помилки в математичних обчисленнях.
65...74	Студент виявляє знання і розуміння основних теоретичних положень у обсязі програми навчальної дисципліни, обґрунтовано використовує їх для прийняття правильних рішень у стандартних ситуаціях, але має труднощі у використанні умінь у нестандартних умовах. Студент при розв'язанні завдання та одержані відповіді допускає суттєві помилки.
60...64	Студент володіє базовими знаннями в обсязі програми навчальної дисципліни, що дозволяє використовувати їх для прийняття обґрунтованих рішень тільки в стандартних ситуаціях. Завдання виконано задовільно – частково наведені лише декілька кроків, окремі формули, у відповіді допущені суттєві помилки.
0	Студент не проявив базові знання в обсязі програми навчальної дисципліни, або володіє матеріалом на початковому рівні, значну частину матеріалу відтворює на репродуктивному рівні. Відповідь або відсутня, або не правильна, не відповідає змісту питання, або отримана за допомогою сторонніх джерел інформації.

3. Сумарна оцінка відповіді на екзаменаційний білет оцінюється за 100-бальною шкалою, як середнє арифметичне значення балів оцінок з кожного питання  $R_0 = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{3}$ , округлене до найближчого цілого.

4. Максимальна кількість балів, які можна отримати за відповідь на екзаменаційний білет – 100 балів.

5. Перерахунок балів сумарної оцінки в підсумкову оцінку, визначається за наступною шкалою:



Сума набраних балів $R_0$	Оцінка
95...100	відмінно
85...94	дуже добре
75...84	добре
65...74	задовільно
60...64	достатньо
менше 60	незадовільно

***Рекомендована література для підготовки до атестаційного екзамену***

1. Андреева Л. Е. Упругие элементы приборов. – М.: Машиностроение, 1981. – 390 с.
2. Безвесільна О. М. Елементи і пристрої автоматики та систем управління. Перетворюючі пристрої приладів та комп'ютеризованих систем: Підручник. – Житомир: ЖДТУ, 2008. – 704 с.
3. Браславский Д. А. Точность измерительных устройств. – М.: Машиностроение. 1980. – 382 с.
4. Левшина Е. С., Новицкий П. В. Электрические измерения физических величин: Измерительные преобразователи: Учебное пособие для вузов. – Л.: Энергоатомиздат, 1983. – 320 с.
5. Засоби та методи вимірювань неелектричних величин: Підручник ред. проф. Є. С. Поліщука. – Львів: Видавництво “Бескид Біт”, 2008. – 618 с.
6. Попович М. Г., Ковальчук О. В. Теорія автоматичного керування: Підручник. – К.: Либідь, 2007. – 656 с.
7. Абраменко І. Г., Абраменко Д. І. Теорія автоматичного керування. – Харків: ХНАМГ, 2008. – 178 с.
8. Гоголюк П. Ф., Гречин Т. М. Теорія автоматичного керування. Навчальний посібник. Друге видання, перероблене. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 280 с.
9. Полишко С. П., Трубенко А. Д. Точность средств измерения. – К.: Высшая школа, 1988.
10. Галанчук П. М., Рущенко В. Т. Основы теории и проектирования измерительных приборов: Учебное пособие. – К.: Выща школа. Главное издательство, 1989. – 454 с.