

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра інтелектуальних вимірювальних систем та інженерії якості (№ 303)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

 О.М.Чугай

«_____» _____ 2022 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Метрологія та теорія вимірювань
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 15 «Автоматизація та приладобудування»
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 153 «Мікро- та наносистемна техніка»,
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: «Мікро- та наносистемна техніка»,
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти:
перший (бакалаврський)

Харків 2022 рік

Розробник: Заболотний О.В., д.т.н., доцент
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)

(підпис)



Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри інтелектуальних
вимірювальних систем та інженерії якості
(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 29 » 08 2022 р.

Завідувач кафедри к.т.н., доцент
(науковий ступінь і вчене звання)



(підпис)

В.П. Сіроклин
(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 11,5	Галузь знань <u>15 Автоматизація та приладобудування</u> (шифр і найменування) Спеціальність <u>153 Мікро- та наносистемна техніка,</u> (код і найменування) Освітня програма <u>«Мікро- та наносистемна техніка»</u> (найменування) Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)	Обов’язкова
Кількість модулів – 3		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 6		2022/2023
Індивідуальне завдання _____ (назва)		Семестр
Загальна кількість годин – 345 <i>кількість годин аудиторних занять¹⁾/ загальна кількість годин 128/345</i>		3-й, 4-й, 5-й
		Лекції*
		<u>72</u> годин
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента – 7		Практичні, семінарські*
		32 годин
		Лабораторні*
		<u>48</u> годин
		Самостійна робота
		<u>217</u> годин
		Вид контролю
		модульний контроль, залік, іспит, диф. залік

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 160/ 275.

*Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину залежно від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: систематизація знань та умінь в галузі проектування і розрахунків засобів вимірювальної техніки (ЗВТ), оволодіння методологією створення ЗВТ та використання принципів проектування і розрахунків ЗВТ для реалізації конкретних не стандартизованих ЗВТ та вимірювальних каналів.

Завдання: засвоїти принципи і методи вимірювань, принципи обробки результатів вимірювань різних видів.

Компетентності, які набуваються:

ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК5. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК6. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ФК1. Здатність використовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів для проектування та застосування мікро- та наносистемної техніки.

ФК2. Здатність виконувати аналіз предметної області та нормативної документації, необхідної для проектування та застосування приладів та пристроїв мікро- та наносистемної техніки.

ФК8. Здатність визначати та оцінювати характеристики та параметри матеріалів мікро- та наносистемної техніки, аналогових та цифрових електронних пристроїв, мікропроцесорних систем.

ФК13. Знати загальні закономірності та правила вимірювань, методи забезпечення достовірності та єдності вимірювань.

Очікувані результати навчання:

ПРН15. Застосовувати розуміння теорії стохастичних процесів, методи статистичної обробки та аналізу даних при розв'язанні професійних завдань.

Пререквізити – вступ до фаху, основи метрології, вища математика, фізика, електротехнічні матеріали, алгоритмізація і програмування.

Кореквізити – основи стандартизації, взаємозамінність, основи проектування засобів вимірювальної техніки, авіаційні вимірювально-обчислювальні комплекси, методи та пристрої вимірювання параметрів.

3. Зміст навчальної дисципліни

СЕМЕСТР 3

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. Вимірювання і вимірювальна процедура.

Тема 1. Загальні види вимірювань. Їх розподіл та особливості. Вимірювальні рівняння видів вимірювань.

Тема 2. Загальні методи вимірювань. Характеристики та особливості методів.

Тема 3. Засоби вимірювань (ЗВ) та їх класифікація. Метрологічні характеристики (МХ) та їх нормування.

Тема 4. Відтворення одиниць фізичних величин. Еталони одиниці ФВ та їх характеристики.

Тема 5. Передача інформації про розмір ФВ. Централізована і децентралізована системи передачі одиниці ФВ. Повірочні схеми і методика їх складання.

Тема 6. Похибки вимірювань, принципи визначення та оцінювання похибок. Складові похибки вимірювань їх класифікація.

Тема 7. Характеристики точності засобів вимірювань. Адитивна, мультиплікативна похибки та похибка нелінійності, класи точності ЗВ.

Модульний контроль.

Змістовний модуль 2. Обробка результатів вимірювань.

Тема 1. Необхідність багатократних вимірювань та статистичного оцінювання результатів. Типові закони розподілу результатів та похибок багатократних вимірювань.

Тема 2. Принцип найбільшої правдоподібності та його використання для визначення оцінок. Точкові та інтервальні оцінки. Довірчі інтервали та імовірності, методи їх оцінювання. Нерівність Чебишева.

Тема 3. Обробка результатів багатократних прямих рівноточних вимірювань. Обробка результатів нерівно точних вимірювань, вагові коефіцієнти. Середньоваговий результат вимірювань.

Тема 4. Опосередковані вимірювання і методика обробки їх результатів. Підсумовування похибок опосередкованих вимірювань, критерій надто малих похибок.

Тема 5. Обробка результатів сукупних та сумісних вимірювань. Умовні та нормальні рівняння. Постулат Лежандра. Метод найменших квадратів.

Тема 6. Визначення параметрів емпіричних залежностей та оцінювання параметрів функції.

Тема 7. *Оцінювання результатів вимірювань якщо присутні систематичні та випадкові похибки.*

Модульний контроль.

СЕМЕСТР 4

Модуль 2.

Змістовий модуль 3. *Метрологічна модель вимірювального каналу.*

Тема 1. *Визначення похибок ЗВ. Одержування рівняння вимірювального перетворення ЗВ.*

Тема 2. *Метрологічна модель ЗВ і методика створення метрологічної моделі ЗВ.*

Тема 3. *Метрологічна модель вимірювального каналу. Методика оцінювання очікуваної похибки вимірювального каналу.*

Тема 4. *Впливові фактори та способи їх виявлення. Методика нормування додаткових похибок впливових факторів.*

Тема 5. *Визначення кількості необхідних вимірювань та зразків для одержання достовірних оцінок. Метод послідовного аналізу.*

Тема 6. *Оцінювання похибок повірок ЗВ. Загальні методи повірок ЗВ та їх характеристики.*

Модульний контроль.

Змістовий модуль 4. *Невизначеність результату вимірювання.*

Тема 1. *Поняття невизначеності результату вимірювання. Класифікація невизначеностей.*

Тема 2. *Методи оцінювання складових невизначеності. Форми представлення невизначеностей.*

Тема 3. *Обробка результатів прямих однократних вимірювань з використанням теорії невизначеностей.*

Тема 4. *Обробка прямих багатократних вимірювань з використанням теорії невизначеностей.*

Тема 5. *Обробка кількох груп прямих багатократних вимірювань.*

Тема 6. *Невизначеність результатів опосередкованих вимірювань.*

Тема 7. *Потенційна точність вимірювань. Вимірювання гранично досяжної точності. Перспективи розвитку високоточних вимірювань.*

Тема 8. *Невизначеність результатів сукупних вимірювань.*

Модульний контроль.

Змістовий модуль 5. *Управління якістю продукції.*

Тема 1. *Оцінка точності технологічних процесів.*

Тема 2. *Статистичний приймальний контроль.*

Тема 3. *Основні ідеї методу «Шість сігм».*

Тема 4. *Методи статистичного аналізу. Види статистичних методів управління якістю.*

Тема 5. *Контрольний листок.*

Тема 6. *Гістограма.*

Тема 7. *Стратифікація.*

Тема 8. *Діаграма Ісікави.*

Тема 9. *Діаграма Парето.*

Тема 10. *Контрольна карта.*

Тема 11. *Кореляційний аналіз.*

Модульний контроль.

СЕМЕСТР 5

Модуль 3.

Змістовий модуль 6. *Оцінка метрологічних характеристик вторинного перетворювача.*

Тема 1. *Обробка декількох груп вимірювань і оцінювання метрологічних характеристик засобу вимірювання (КП).*

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістовних модулів і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Семестр 3					
Модуль 1					
Змістовний модуль 1. <i>Вимірювання і вимірювальна процедура.</i>					
Тема 1. Загальні види вимірювань. Їх розподіл та особливості. Вимірювальні рівняння видів вимірювань.	6	2			4
Тема 2. Загальні методи вимірювань. Характеристики та особливості методів.	6	2			4
Тема 3. Засоби вимірювань (ЗВ) та їх класифікація. Метрологічні характеристики (МХ) та їх нормування.	6	2			4
Тема 4. Відтворення одиниць фізичних величин. Еталони одиниці ФВ та їх характеристики.	11	2			9
Тема 5. Передача інформації про розмір ФВ. Централізована і децентралізована системи передачі одиниці ФВ. Повірочні схеми і методика їх складання.	11	2			9
Тема 6. Похибки вимірювань, принципи визначення та оцінювання похибок. Складові похибки вимірювань їх класифікація.	11	2			9
Тема 7. Характеристики точності засобів вимірювань. Адитивна, мультиплікативна похибки та похибка нелінійності, класи точності ЗВ.	11	2			9
Модульний контроль	7				7
Разом за змістовним модулем 1	69	14			55
Змістовний модуль 2. <i>Обробка результатів вимірювань.</i>					
Тема 1. Необхідність багатократних вимірювань та статистичного оцінювання результатів. Типові закони розподілу результатів та похибок багатократних вимірювань.	14	2	2		10
Тема 2. Принцип найбільшої правдоподібності та його використання для визначення оцінок. Точкові та інтервальні оцінки.	9	2	2		5

Довірчі інтервали та імовірності, методи їх оцінювання. Нерівність Чебишева.					
Тема 3. Обробка результатів багатократних прямих рівноточних вимірювань. Обробка результатів нерівно точних вимірювань, вагові коефіцієнти. Середньоваговий результат вимірювань.	18	2	2	4	10
Тема 4. Опосередковані вимірювання і методика обробки їх результатів. Підсумовування похибок опосередкованих вимірювань, критерій надто малих похибок.	18	2	2	4	10
Тема 5. Обробка результатів сукупних та сумісних вимірювань. Умовні та нормальні рівняння. Постулат Лежандра. Метод найменших квадратів.	15	4	2	4	5
Тема 6. Визначення параметрів емпіричних залежностей та оцінювання параметрів функції.	22	4	4	4	10
Тема 7. Оцінювання результатів вимірювань якщо присутні систематичні та випадкові похибки.	10	2	2		6
Модульний контроль	5				5
Разом за змістовним модулем 2	85	18	16	16	61
Залік	2				
Усього годин	180	32	16	16	116
Семестр 4					
Модуль 2					
Змістовий модуль 3. Метрологічна модель вимірювального каналу.					
Тема 1. Визначення похибок ЗВ. Одержування рівняння вимірювального перетворення ЗВ.	5	1			4
Тема 2. Метрологічна модель ЗВ і методика створення метрологічної моделі ЗВ.	6	2			4
Тема 3. Метрологічна модель вимірювального каналу. Методика оцінювання очікуваної похибки вимірювального каналу.	6	2			4
Тема 4. Впливові фактори та способи їх виявлення. Методика нормування додаткових похибок впливових факторів.	6	2			4
Тема 5. Визначення кількості необхідних вимірювань та зразків для одержання достовірних оцінок. Метод послідовного аналізу.	5	1			4
Тема 6. Оцінювання похибок повірок	6	2			4

<i>ЗВ. Загальні методи перевірок ЗВ та їх характеристики.</i>					
Модульний контроль	6				6
Разом за змістовним модулем 3	40	10			30
Змістовий модуль 4. Невизначеність результату вимірювання.					
Тема 1. <i>Поняття невизначеності результату вимірювання. Класифікація невизначеностей.</i>	7	1	2		4
Тема 2. <i>Методи оцінювання складових невизначеності. Форми представлення невизначеностей.</i>	8	2	2		4
Тема 3. <i>Обробка результатів прямих однократних вимірювань з використанням теорії невизначеностей.</i>	11	1	2	4	4
Тема 4. <i>Обробка прямих багатократних вимірювань з використанням теорії невизначеностей.</i>	12	2	2	4	4
Тема 5. <i>Обробка кількох груп прямих багатократних вимірювань.</i>	12	2	2	4	4
Тема 6. <i>Невизначеність результатів опосередкованих вимірювань.</i>	9	1	2	2	4
Тема 7. <i>Потенційна точність вимірювань. Вимірювання гранично досяжної точності. Перспективи розвитку високоточних вимірювань.</i>	7	1	2		4
Тема 8. <i>Невизначеність результатів сукупних вимірювань.</i>	10	2	2	2	4
Модульний контроль	8				8
Разом за змістовним модулем 4	84	12	16	16	40
Змістовий модуль 5. Управління якістю продукції.					
Тема 1. <i>Оцінка точності технологічних процесів.</i>	5	1			4
Тема 2. <i>Статистичний приймальний контроль.</i>	6	2			4
Тема 3. <i>Концепція «Шість сигм».</i>	6	2			4
Тема 4. <i>Методи статистичного аналізу.</i>	5	1			4
Тема 5. <i>Контрольний листок.</i>	6	2			4
Тема 6. <i>Гістограма.</i>	6	2			4
Тема 7. <i>Стратифікація.</i>	3	1			4
Тема 8. <i>Діаграма Ісікави.</i>	6	2			4
Тема 9. <i>Діаграма Парето.</i>	6	2			4
Тема 10. <i>Контрольна карта.</i>	7	2			5
Тема 11. <i>Кореляційний аналіз.</i>	5	1			4
Модульний контроль	6				6
Разом за змістовним модулем 5	69	18			51

Іспит	2				2
Усього годин	195	40	16	16	123
Семестр 5					
Модуль 3					
Змістовий модуль 6. Оцінка метрологічних характеристик вторинного перетворювача.					
Тема 1. <i>Обробка декількох груп вимірювань і оцінювання метрологічних характеристик засобу вимірювання (КІП).</i>	53			24	29
Модульний контроль	5				5
Разом за змістовим модулем 6	58			24	34
Диф. залік	2				2
Разом з дисципліни	345	72	32	48	217

5. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Обробка результатів багатократних прямих рівноточних вимірювань.	4
2	Обробка результатів нерівноточних вимірювань, вагові коефіцієнти. Середньоваговий результат вимірювань.	4
3	Опосередковані вимірювання і методика обробки їх результатів.	4
4	Обробка результатів сукупних та сумісних вимірювань.	4
5	Обробка результатів прямих однократних вимірювань з використанням теорії невизначеностей.	4
6	Обробка прямих багатократних вимірювань з використанням теорії невизначеностей.	4
7	Обробка кількох груп прямих багатократних вимірювань.	4
8	Невизначеність результатів опосередкованих вимірювань.	2
9	Невизначеність результатів сукупних вимірювань.	2
10	Обробка декількох груп вимірювань і оцінювання метрологічних характеристик засобу вимірювання (КІП)	24
	Разом	48

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Типові закони розподілу результатів та похибок багатократних вимірювань.	2
2	Довірчі інтервали та імовірності, методи їх оцінювання.	2
3	Опосередковані вимірювання і методика обробки їх результатів.	2
4	Обробка результатів сукупних та сумісних вимірювань.	2
5	Визначення параметрів емпіричних залежностей та оцінювання параметрів функції.	2

6	Оцінювання результатів вимірювань якщо присутні систематичні та випадкові похибки.	2
7	Поняття невизначеності результату вимірювання. Класифікація невизначеностей.	2
8	Форми представлення невизначеностей.	2
9	Обробка результатів прямих однократних вимірювань з використанням теорії невизначеностей.	2
10	Обробка прямих багатократних вимірювань з використанням теорії невизначеностей.	2
11	Обробка кількох груп прямих багатократних вимірювань.	2
12	Невизначеність результатів опосередкованих вимірювань.	2
13	Вимірювання гранично досяжної точності.	2
14	Невизначеність результатів сукупних вимірювань.	2
	Разом	32

6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вимірювальні рівняння видів вимірювань.	4
2	Характеристики та особливості методів вимірювань.	4
3	Метрологічні характеристики (МХ) та їх нормування.	4
4	Еталони одиниці ФВ та їх характеристики.	9
5	Повірочні схеми і методика їх складання.	9
6	Складові похибки вимірювань їх класифікація.	9
7	Адитивна, мультиплікативна похибки та похибка нелінійності, класи точності ЗВ.	9
8	Типові закони розподілу результатів та похибок багатократних вимірювань.	10
9	Точкові та інтервальні оцінки. Довірчі інтервали та імовірності, методи їх оцінювання. Нерівність Чебишева.	5
10	Обробка результатів нерівноточних вимірювань, вагові коефіцієнти.	10
11	Опосередковані вимірювання і методика обробки їх результатів.	10
12	Обробка результатів сукупних та сумісних вимірювань.	5
13	Визначення параметрів емпіричних залежностей та оцінювання параметрів функції.	10
14	Оцінювання результатів вимірювань якщо присутні систематичні та випадкові похибки.	6
15	Одержування рівняння вимірювального перетворення ЗВ.	4
16	Метрологічна модель ЗВ і методика створення метрологічної моделі ЗВ.	4
17	Методика оцінювання очікуваної похибки вимірювального каналу.	4
18	Методика нормування додаткових похибок впливових факторів.	4
19	Визначення кількості необхідних вимірювань та зразків для одержання достовірних оцінок. Метод послідовного аналізу.	4

20	Загальні методи повірок ЗВ та їх характеристики.	4
21	Класифікація невизначеностей.	4
22	Форми представлення невизначеностей.	4
23	Обробка результатів прямих однократних вимірювань з використанням теорії невизначеностей.	4
24	Обробка прямих багатократних вимірювань з використанням теорії невизначеностей.	4
25	Обробка кількох груп прямих багатократних вимірювань.	4
26	Невизначеність результатів опосередкованих вимірювань.	4
27	Потенційна точність вимірювань. Вимірювання гранично досяжної точності. Перспективи розвитку високоточних вимірювань.	4
28	Невизначеність результатів сукупних вимірювань.	4
29	Оцінка точності технологічних процесів	4
30	Статистичний приймальний контроль.	4
31	Концепція «Шість сигм».	4
32	Методи статистичного аналізу.	4
33	Контрольний листок.	4
34	Гістограма.	4
35	Стратифікація.	2
36	Діаграма Ісікави.	4
37	Діаграма Парето.	4
38	Контрольна карта	5
39	Кореляційний аналіз	4
37	Обробка декількох груп вимірювань і оцінювання метрологічних характеристик засобу вимірювання (КП).	29
	Разом	217

7. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, лабораторних занять, консультації за розкладом кафедри та індивідуальні (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

8. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді заліку, іспиту, диференційованого заліку.

9. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

9.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Семестр 3			
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	7	0...7
Модульний контроль	0...19	1	0...19
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	7	0...7
Виконання та захист лабораторних робіт	0...7	4	0...28
Виконання та захист практичних робіт	0...4	7	0...28
Модульний контроль	0...11	1	0...11
Всього за семестр			0...100
Семестр 4			
Змістовний модуль 3			
Робота на лекціях	0...1	5	0...5
Модульний контроль	0...10	1	0...10
Змістовний модуль 4			
Робота на лекціях	0...1	8	0...8
Виконання та захист лабораторних робіт	0...5	5	0...25
Виконання та захист практичних робіт	0...2	8	0...16
Модульний контроль	0...15	1	0...15
Змістовний модуль 5			
Робота на лабораторних	0...1	6	0...6
Модульний контроль	0...15	1	0...15
Всього за семестр			0...100

Семестровий контроль (залік) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування та за наявності допуску до заліку. При складанні семестрового заліку студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для заліку складається з двох *теоретичних запитань* (максимальна кількість 30 балів за кожне запитання) і одного *практичного запитання* (максимальна кількість 40 балів за кожне запитання) .

9.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

Загальні види вимірювань, загальні методи вимірювань, засоби вимірювань, характеристики точності засобів вимірювань, типові закони розподілу, точкові та інтервальні оцінки, поняття невизначеності результату вимірювання, класифікація невизначеностей, методи оцінювання складових невизначеності. Форми представлення невизначеностей, обробка результатів прямих однократних і багатократних вимірювань, обробка кількох груп прямих вимірювань, обробка результатів опосередкованих, сукупних і сумісних вимірювань з використанням теорії невизначеностей; статистичні методи в управлінні якістю сертифікації, суть методу «6 сигм».

Необхідний обсяг умінь для одержання позитивної оцінки:

Застосовувати методи вимірювань; будувати гістограми розподілу випадкових величин; обчислювати точкові та інтервальні оцінки; здійснювати обробку результатів прямих однократних і багатократних вимірювань, обробку кількох груп прямих вимірювань, обробку результатів опосередкованих, сукупних і сумісних вимірювань з використанням теорії невизначеностей; застосовувати статистичні методи в управлінні якістю сертифікації.

9.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Захистити всі індивідуальні завдання та здати тестування. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи. Вміти самостійно давати оцінку стану справ з основ теорії вимірювань, знати суть обробки результатів групи спостережень, орієнтуватись в інструментах управління якістю товарів та послуг. Знати основи методу «6 сигм».

Добре (75-89). Продемонструвати хороший рівень знань з дисципліни, виконати усі завдання. Показати вміння виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Вміти пояснювати способи вирішення практичних завдань, зв'язок між практичним і теоретичним матеріалом. Вміти користуватись додатковими джерелами інформації.

Відмінно (90-100). Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми та вміти застосовувати їх.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

10. Методичне забезпечення

1. Метрологія і теорія вимірювань. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт / О.В. Заболотний, В.А. Заболотний. – Харків.: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2021. – 95 с.
2. Статистичні методи управління якістю: навч. посіб. / Т.В. Чебикіна, Г. Г. Бондаренко, Н. В. Чернобай, В. П. Сіроклин. – Харків. : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2017. – 40 с.

11. Рекомендована література

Базова

1. Сусь Б.А., Лад А.І. Фізичні вимірювання і обробка їх результатів. Навчальний посібник для самостійної роботи курсантів і студентів. – Київ: ВІТІ, 2017. – 39 с.
2. Кривий П.Д., Крупа В.В. Методичні вказівки до виконання практичної роботи №2 з курсу «Теорія технічних систем». – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2016. – 39 с.
3. Бахрушин. В.Є. Методи аналізу даних: навчальний посібник для студентів. – Запоріжжя: КПУ, 2011. – 268 с.
4. ДСТУ-Н РМГ 43:2006. Застосування «Руководства по выражению неопределенности измерений». – Уведено вперше; чинний з 2007-01-01. – Київ: Держспоживстандарт України, 2006. – 19 с.
5. Руденко В. М. Математична статистика. Навчальний посібник. – К.: Центр учбової літератури, 2012. – 304 с.
6. Коренєв В.Д. Методичні вказівки до контрольної (курсової) роботи з дисципліни «Метрологія». – Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2011. – 30 с.
7. Поджаренко В. О., Васілевський О. М., Кучерук В. Ю. Опрацювання результатів вимірювань на основі концепції невизначеності. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2008. – 128 с.
8. Чінков В.М. Основи метрології та вимірювальної техніки. – Харків: ХПІ, 2004.
9. JCGM 100:2008. Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement. First edition, September 2008. 134 pp.

10. Основи метрології та електричних вимірювань: навч. посіб. / Д.Л. Лавренова, В.М. Хлистов. – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 123 с.
11. Загальне управління якістю: підручник / О. В. Нанка, Р. В. Антощенко, В. М. Кісь, І. О. Листопад, Н. І. Моїсєєва, І. В. Галич, А. О. Никифоров. – Харків:ХНТУСГ, 2019 р. – 205 с.
12. Володарський Є.Т., Кухарчук В.В., Поджаренко В.О., Сердюк Г.Б. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю: навчальний посібник. Вінниця: ВДТУ, 2001. – 219 с.