

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ  
КАФЕДРА АВТОМАТИКИ ТА РОБОТОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ  
ІМ. АКАД. І.І.МАРТИНЕНКА**

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

**Перший проректор**

І.І. Ібатуллін

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р

**РОЗГЛЯНУТО І СХВАЛЕНО**

на засіданні Вченої ради ННІ енергетики,  
автоматики та енергозбереження

Протокол № \_ від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

Директор ННІ \_\_\_\_\_ В.В. Каплун

на засіданні кафедри автоматики та робото  
технічних систем ім. акад. І.І.Мартиненка

Протокол № 37\_ від « 19 » \_\_06\_\_ 2020 р.

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.П. Лисенко

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ЦИФРОВА ОБРОБКА СИГНАЛІВ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦІЇ**

рівень вищої освіти – третій освітньо-науковий

спеціальність **151** – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Розробник: доцент каф., к.ф.-м.н., ст.наук.сп. Гладкий А.М.

**Київ 2020**

## 1. Опис навчальної дисципліни

### ЦИФРОВА ОБРОБКА СИГНАЛІВ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Галузь знань, спеціальність		
Галузь знань	15 "Автоматизація та приладобудування"	
Освітньо-науковий рівень	третій	
Освітній ступінь	доктор філософії	
Спеціальність	151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології	
Освітньо-наукова програма	Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Нормативна (вибіркова)	
Загальна кількість годин	300	
Кількість кредитів ECTS	10	
Кількість змістових модулів	2	
Форма контролю	Залік	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
Рік підготовки	1	1
Семестр	2	2
Лекційні заняття	20 год.	20 год.
Практичні, семінарські заняття	- год.	- год.
Лабораторні заняття	20 год.	20 год.
Залік	2 год.	2 год.
Іспит	- год.	- год.
Курсовий проект (робота)	- год.	- год.
Самостійна робота	260 год.	260 год.
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	4 год.	- год.
Загальна кількість годин	300 год.	300- год.

## **2. Мета та завдання навчальної дисципліни**

**Предметом дисципліни** «Цифрова обробка сигналів в системах автоматизації» є теоретичні і практичні питання дискретизації, квантування і формування цифрових сигналів, їх спектрального аналізу, фільтрації й формування каналів зв'язку для передавання в системах автоматизації.

**Мета вивчення дисципліни** полягає у вивченні основних методів, алгоритмів та засобів формування і обробки цифрових сигналів в системах автоматизації.

**Завдання дисципліни** – забезпечити використання аспірантами знань та умінь з цифрової обробки сигналів, що охоплюють математичні моделі та методи цифрової обробки сигналів; ефективні алгоритми аналізу, формування, перетворення та фільтрації сигналів; визначення параметрів каналів зв'язку для передавання сигналів в системах автоматизації.

**Основними компетентностями**, якими повинен володіти здобувач під час вивчення дисципліни є:

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу методів формування і ліній передавання інформаційних та керуючих сигналів в системах автоматизації;

- здатність генерувати нові науково-теоретичні та практично спрямовані ідеї (креативність) щодо цифрової обробки сигналів;

- здатність до ретроспективного аналізу наукових результатів досліджень нових методів цифрової обробки сигналів та ліній їх передавання в системах автоматизації;

- комплексність у проведенні критичного аналізу різних інформаційних джерел, авторських методик, інформаційних та комунікаційних технологій, наукових та професійних розробок у галузі цифрової обробки сигналів;

- здатність створювати нові знання в області цифрової обробки сигналів через оригінальні дослідження, результати яких можуть бути визнані на національному та міжнародному рівнях;

- знання, розуміння, і комплексне використання теорії і методології системного підходу в процесі обґрунтування і прийняття рішень при розробці та реалізації апаратних компонентів цифрової обробки сигналів;

- здатність застосовувати сучасні методи дослідження і моделювання при проектуванні систем формування і ліній передавання інформаційних та керуючих сигналів в системах автоматизації.

Після вивчення курсу аспірант (здобувач) повинен **знати**:

- математичні моделі детермінованих неперервних, імпульсних та випадкових сигналів;

- методи спектрального аналізу сигналів;

- алгоритми дискретизації та квантування сигналу;

- методи формування та обробки цифрових сигналів;

- способи обробки сигналів вимірювальних перетворювачів;

- методи формування сигналів для керування виконавчими органами систем автоматизації;

- параметри каналу зв'язку та його складових для організації передачі інформації в системах автоматизації.

Після вивчення курсу аспірант (здобувач) повинен **вміти**:

- розробляти математичні моделі сигналів в системах автоматизації;

- обчислювати і будувати амплітудно-частотні і фазочастотні характеристики схем обробки сигналів;

- виконувати пряме і зворотне перетворення Фур'є;

- володіти прикладними програмними пакетами математичного моделювання методів цифрової обробки сигналів;

- вибирати і застосовувати методи обробки контрольних і керуючих сигналів;

- визначати параметри каналу зв'язку для передавання інформаційних і керуючих сигналів в системах автоматизації.

### 3. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		лекцій	практич.	лаборат.	індивід.	с.р.		лекцій	практич.	лаборат.	індивід.	с.р.
<b>Змістовий модуль 1. Основні операції цифрової обробки сигналів</b>												
Тема 1. Цифрова обробка сигналів. Задачі та області застосування. Методи реєстрації, подання, обробки і використання інформаційних даних.	24	2		2		20	24	2		2		20
Тема 2. Математичне описання сигналів. Вибір математичного апарата. Класифікація сигналів. Математичні моделі сигналів.	24	2		2		20	24	2		2		20
Тема 3. Детерміновані сигнали і їх математичні моделі. Модуляція сигналів. Випадкові процеси. Спектральний і кореляційний аналіз. Випадкові сигнали.	24	2		2		20	24	2		2		20
Тема 4. Формування цифрових сигналів. Дискретизація, квантування, квантизація. Явище елайзінгу. Децимація й інтерполяція цифрового сигналу. Похибки квантування. Стиснення цифрових сигналів.	34	2		2		30	34	2		2		30
Тема 5. Фур'є аналіз сигналів. Амплітудний та фазовий спектри. Потужність сигналу. Дискретне перетворення Фур'є. Дійсне дискретне перетворення Фур'є.	34	2		2		30	34	2		2		30
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	<b>140</b>	<b>10</b>		<b>10</b>		<b>120</b>	<b>120</b>	<b>10</b>		<b>10</b>		<b>120</b>
<b>Змістовий модуль 2. Апаратні засоби</b>												
Тема 1. Аналогово-цифрові й цифро-аналогові перетворювачі.	24	2		2		20	24	2		2		20
Тема 2. Поняття згортки сигналів. Алгоритми згортки цифрових і аналогових сигналів. Властивості згортки. Реалізація згортки.	34	2		2		30	34	2		2		30
Тема 3. Фільтрація сигналів. Основні типи фільтрів. Цифрові фільтри. Побудова фільтрів.	34	2		2		30	34	2		2		30
Тема 4. Системи і базові системні операції. Властивості та типи систем. Імпульсні характеристики систем. Лінії передавання контрольних і керуючих сигналів.	34	2		2		30	34	2		2		30
Тема 5. Формування сигналів керування виконавчими органами. Програмний метод та його реалізація.	34	2		2		30	34	2		2		30
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>	<b>160</b>	<b>10</b>		<b>10</b>		<b>140</b>	<b>160</b>	<b>10</b>		<b>10</b>		<b>140</b>
<b>Усього годин</b>	<b>300</b>	<b>20</b>		<b>20</b>		<b>260</b>	<b>300</b>	<b>20</b>		<b>20</b>		<b>260</b>

#### 4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Вимірювання параметрів, реєстрація і обробка сигналів за допомогою цифрового осцилографа Hantek DSO-5072.	2
2.	Математичне моделювання аналогових і цифрових схем обробки сигналів в середовищі Electronics Workbench	2
3.	Аналіз АЧХ і ФЧХ схем обробки сигналів засобами віртуальної лабораторії Electronics Workbench.	2
4.	Дослідження спектрів періодичних сигналів та визначення ширини смуги пропускання лінії передавання	2
5.	Спектральний аналіз аперіодичних сигналів з використанням математичного середовища MathCAD	2
6.	Дискретизація сигналів та дослідження роботи аналого-цифрових та цифро-аналогових перетворювачів.	4
7.	Проектування і дослідження цифрових фільтрів в MATLAB засобом FDA Tool.	2
8.	Формування сигналів керування виконавчими механізмами програмним методом на мові Python на комп'ютері Raspberry Pi 3B+	4
	<b>Разом</b>	20

#### 5. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Формування сигналів давачів (сенсорів)	10
2.	Аналогова обробка сигналів (ASP)	10
3.	Шуми і завади в інформаційному сигналі	10
4.	Методи первинної і вторинної обробки сигналів	10
5.	Перетворення Фур'є	20
6.	Алгоритми перетворення неперервних сигналів у дискретні	20
7.	Дискретне перетворення Фур'є	30
8.	Алгоритми швидкого перетворення Фур'є	40
9.	Z-перетворення (перетворення Лорана) сигналів	30
10.	Згортка і кореляція сигналів, алгоритм виконання та застосування	40
11.	Цифрова фільтрація сигналів	40
	<b>Разом</b>	260

#### 6. Контрольні питання, комплекти задач і тестів для визначення рівня засвоєння знань здобувачами

1. Предмет теорії цифрової обробки сигналів.
2. Сигнали. Типи сигналів.

3. Основні характеристики сигналів.
4. Математичні моделі сигналів.
5. Модуляція сигналів.
6. Перетворення Фур'є.
7. Перетворення Лапласа.
8. Гармонічний сигнал. Розкладення в ряд Фур'є
9. Періодичні сигнали. Представлення рядом Фур'є.
10. Періодична послідовність прямокутних імпульсів. Розкладення в ряд Фур'є.
11. Розподіл потужності в спектрі періодичного сигналу.
12. Полігармонічний сигнал. Інформаційні параметри.
13. Аперіодичні сигнали. Інтегральні перетворення Фур'є.
14. Властивості інтегральних перетворень Фур'є.
15. Енергетичний спектр аперіодичних сигналів.
16. Рівність Парсєваля.
17. Одиначний стрибкоподібний імпульс. Спектральне представлення.
18. Прямокутний імпульс. Перетворення Фур'є.
19. Спектральне представлення імпульсу Гауса.
20.  $\delta$ -імпульс. Перетворення Фур'є.
21. Передавання періодичних і аперіодичних сигналів.
22. Ширина спектру сигналу і смуга пропускання лінії. Формула Шеннона.
23. Випадкові процеси. Стационарні процеси. Ергодичні процеси.
24. Ймовірнісні характеристики випадкових процесів.
25. Енергетичний спектр випадкового процесу.
26. Кореляційна функція. Обчислення за спектральною густиною.
27. Спектральна густина. Обчислення за кореляційною функцією.
28. Випадкові сигнали. Білий шум. Спектральна густина та кореляційна функція.
29. Випадковий сигнал з обмеженою спектральною густиною. Основні характеристики.
30. Спектральна густина та кореляційна функція випадкового сигналу з обмеженою спектральною густиною.
31. Випадковий сигнал типу нерегулярна хитавиця. Основні характеристики.
32. Спектральна густина та кореляційна функція випадкового сигналу типу нерегулярна хитавиця.
33. Аналоговий сигнал. Математичне та графічне представлення.
34. Дискретизація сигналів.
35. Поясніть суть теореми Котельникова.
36. З яких умов вибирається частота дискретизації аналогових сигналів?
37. Які чином можуть бути зменшені спотворення, пов'язані з дискретизацією сигналу?
38. Рівномірна і нерівномірна дискретизація.
39. Гранична дискретизація.
40. У чому полягають взаємозв'язок і відмінність спектрів дискретного і

- аналогового сигналів?
41. Чи можна за відомим спектром дискретного сигналу знайти спектр відповідного йому аналогового сигналу? За яких умов?
  42. Як за відомим спектром аналогового сигналу визначити спектр відповідного йому дискретного сигналу?
  43. Обмеження спектру аналогового сигналу. Антиелайзинговий фільтр.
  44. Децимація й інтерполяція цифрового сигналу.
  45. Як можна підвищити точність відтворення неперервного сигналу з дискретного?
  46. Назвіть види квантування.
  47. Рівні квантування.
  48. Векторне квантування.
  49. Які основні параметри характеризують АЦП?
  50. Як визначити похибку квантування.
  51. Розрядність АЦП і значення похибки квантування.
  52. Як визначити роздільну здатність та відносну похибку аналого-цифрового перетворювача?
  53. Як можна зменшити спектральну густину шуму квантування в основній смузі?
  54. Z-перетворення (перетворенням Лорана) цифрового сигналу.
  55. Основні властивості Z-перетворення.
  56. Одностороннє і двостороннє Z-перетворення.
  57. Поясніть зв'язок z-перетворення з перетворенням Лапласа.
  58. Дискретне перетворення Фур'є (ДПФ). Пряме та обернене перетворення Фур'є.
  59. Властивості дискретного перетворення Фур'є.
  60. Дійсне дискретне перетворення Фур'є. Пряме та обернене перетворення.
  61. Пояснити доцільність переходу від опису дискретних сигналів дискретним перетворенням Фур'є до z-перетворення.
  62. Швидке дискретне перетворення Фур'є (ШПФ).
  63. Основні принципи переходу від ДПФ до ШПФ.
  64. Поняття згортки сигналів.
  65. Представлення сигналу на вході лінійної системи у вигляді згортки.
  66. Представлення сигналу на виході лінійної системи у вигляді згортки.
  67. Алгоритм виконання згортки та його застосування.
  68. Поняття фільтрації сигналу.
  69. Основні типи фільтрів.
  70. Частотна фільтрація
  71. Амплітудно-частотні характеристики фільтрів.
  72. Збільшення відношення сигнал / шум при частотній фільтрації.
  73. Узгоджена фільтрація сигналів.
  74. Оптимальний фільтр Вінера
  75. Адаптивний рекурсивний фільтр Калмана.
  76. Нерекурсивний і рекурсивний цифрові фільтри.
  77. СІВ-фільтри (FIR-filter - finite impulse response filter) та НІВ-фільтри



- (IR-filter - interminable impulse response filte).
78. Поясніть основні операції обробки сигналів давачів (підсилення, зсув рівня, гальванічна ізоляція, трансформація опору, лінеаризація, фільтрація).
  79. Аналого-цифрове перетворення сигналів давачів.
  80. Апаратне забезпечення аналого-цифрового перетворення сигналів давачів.
  81. Інтелектуальні давачі.
  82. Нормалізація сигналу давачів.
  83. Схеми та технічне забезпечення нормалізації сигналу давачів.
  84. Типи завод та їх вплив на лінії передавання сигналів.
  85. Пропускна (інформаційна) здатність каналу передавання інформації.
  86. Як визначити пропускну здатність каналу передачі інформації при наявності завод.
  87. Інформаційна продуктивність джерела інформації.
  88. Теорема Шеннона про кодування інформації для дискретного каналу із завадами для забезпечення безпомилкової передачі інформації.
  89. Як визначається гранична швидкість передачі даних сигналом з середньою потужністю  $P_c$  через канал зв'язку з смугою пропускання  $B$  при наявності гаусівського шуму потужністю  $P_{ш}$ ?
  90. Вірогідність передачі інформації по дискретному каналу із завадами.
  91. Інформаційні втрати від завод при передачі інформації по каналу.
  92. Обчислити модуль 5-ї гармоніки ряду Фур'є для періодичної послідовності прямокутних імпульсів з амплітудою  $E = 1$ , тривалістю  $\tau = 2c$ , періодом повторення  $T = 2c$ .
  93. Обчислити амплітуду косинусоїдальної складової 5-ї гармоніки ряду Фур'є для періодичної послідовності прямокутних імпульсів з амплітудою  $E = 1$ , тривалістю  $\tau = 2c$ , періодом повторення  $T = 2c$ .
  94. Обчислити амплітуду синусоїдальної складової 5-ї гармоніки ряду Фур'є для періодичної послідовності прямокутних імпульсів з амплітудою  $E = 1$ , тривалістю  $\tau = 2c$ , періодом повторення  $T = 2c$ .
  95. Обчислити фазу 5-ї гармоніки ряду Фур'є для періодичної послідовності прямокутних імпульсів з амплітудою  $E = 1$ , тривалістю  $\tau = 2c$ , періодом повторення  $T = 2c$ .
  96. Використовуючи формули ряду Фур'є за допомогою математичного пакету MathCAD побудувати графік сигналу  $e(t)$  у вигляді періодичної послідовності прямокутних імпульсів з параметрами:  $E:=1$ ;  $T:=2\cdot\pi$ ;  $\tau :=T/V=T/2$ ;  $\Omega_1:=2\cdot\pi/T$ ;  $n:=1$  за умови наявності в спектрі сигналу 3 гармонік.
  97. Використовуючи формули ряду Фур'є за допомогою математичного пакету MathCAD дослідити зміни форми сигналу  $e(t)$  у вигляді періодичної послідовності прямокутних імпульсів з параметрами:  $E:=1$ ;  $T:=2\cdot\pi$ ;  $\tau :=T/V=T/2$ ;  $\Omega_1:=2\cdot\pi/T$ ;  $n:=1$  від кількості гармонік в спектрі сигналу:  $k=10$ ;  $k=25$ ;  $k=50$ .
  98. Використовуючи формули ряду Фур'є за допомогою математичного пакету MathCAD побудувати графік сигналу  $Q(t)$  у вигляді

- періодичної послідовності пилоподібних імпульсів з параметрами:  
 $E:=1$ ;  $T:=2\cdot\pi$ ;  $\tau:=T/V=T/2$ ;  $\Omega_1:=2\cdot\pi/T$ ;  $n:=1$  за умови наявності в спектрі сигналу 3 гармонік.
99. Використовуючи формули ряду Фур'є за допомогою математичного пакету MathCAD дослідити зміни форми сигналу  $Q(t)$  у вигляді періодичної послідовності пилоподібних імпульсів з параметрами:  
 $E:=1$ ;  $T:=2\cdot\pi$ ;  $\tau:=T/V=T/2$ ;  $\Omega_1:=2\cdot\pi/T$ ;  $n:=1$  від кількості гармонік в спектрі сигналу:  $k=10$ ;  $k=25$ ;  $k=50$ .
  100. Використовуючи формули ряду Фур'є за допомогою математичного пакету MathCAD побудувати графік сигналу  $W(t)$  у вигляді періодичної послідовності трикутних імпульсів з параметрами:  $E:=1$ ;  
 $T:=2\cdot\pi$ ;  $\tau:=T/V=T/2$ ;  $\Omega_1:=2\cdot\pi/T$ ;  $n:=1$  за умови наявності в спектрі сигналу 3 гармонік.
  101. Використовуючи формули ряду Фур'є за допомогою математичного пакету MathCAD дослідити зміни форми сигналу  $W(t)$  у вигляді періодичної послідовності трикутних імпульсів з параметрами:  $E:=1$ ;  
 $T:=2\cdot\pi$ ;  $\tau:=T/V=T/2$ ;  $\Omega_1:=2\cdot\pi/T$ ;  $n:=1$  від кількості гармонік в спектрі сигналу:  $k=10$ ;  $k=25$ ;  $k=50$ .
  102. Використовуючи формули ряду Фур'є за допомогою математичного пакету MathCAD побудувати огинаючу  $A(n)$ , амплітудного спектру послідовності прямокутних імпульсів  $e(t)$  та визначити активну ширину спектра сигналу і ширину смуги пропускання лінії передавання сигналу  $e(t)$  без спотворень.
  103. Використовуючи формули ряду Фур'є за допомогою математичного пакету MathCAD побудувати огинаючу  $A(n)$ , амплітудного спектру послідовності пилоподібних імпульсів  $Q(t)$  та визначити активну ширину спектра сигналу і ширину смуги пропускання лінії передавання сигналу  $Q(t)$  без спотворень.
  104. Використовуючи формули ряду Фур'є за допомогою математичного пакету MathCAD побудувати огинаючу  $A(n)$ , амплітудного спектру послідовності трикутних імпульсів  $W(t)$  та визначити активну ширину спектра сигналу і ширину смуги пропускання лінії передавання сигналу  $W(t)$  без спотворень.
  105. Використовуючи формули інтегральних перетворень Фур'є за допомогою математичного пакету MathCAD побудувати амплітудний  $S(\Omega)$  і фазовий  $\psi(\Omega)$  спектри східчастого імпульсу  $I(t)$  і визначити активну ширину спектра сигналу і ширину смуги пропускання лінії передавання сигналу  $I(t)$  без спотворень.
  106. Використовуючи формули інтегральних перетворень Фур'є за допомогою математичного пакету MathCAD побудувати амплітудний  $S(\Omega)$  і фазовий  $\psi(\Omega)$  спектри прямокутного імпульсу  $s(t)$  при  $A:=1$ ;  
 $\tau:=0.2$ ;  $k:=0,1..3$  і визначити активну ширину спектра сигналу і ширину смуги пропускання лінії передавання сигналу  $s(t)$  без спотворень.
  107. Використовуючи формули інтегральних перетворень Фур'є за допомогою математичного пакету MathCAD побудувати амплітудний

- $S(\Omega)$  і фазовий  $\psi(\Omega)$  спектри  $\delta$ -імпульсу.
108. Використовуючи формули інтегральних перетворень Фур'є за допомогою математичного пакету MathCAD дослідити амплітудний  $S(\Omega)$  і фазовий  $\psi(\Omega)$  спектри прямокутного імпульсу  $s(t)$  при зменшенні тривалості імпульсу  $\tau:=0.2$ ;  $\tau:=0.02$ ;  $\tau:=0.002$  і визначити зміни активної ширини спектра сигналу і ширини смуги пропускання лінії передавання сигналу  $s(t)$  без спотворень.
  109. Обчислити спектральну густину імпульсу Гауса  $S(t) = 5e^{-\frac{t^2}{50}}$ .
  110. Обчислити спектральну густину одиничного імпульсу  $S(t) = \delta(t)$ .
  111. Обчислити модуль спектральної густини прямокутного імпульсу з амплітудою  $A=1$ , тривалістю  $\tau = 1c$ , на частоті  $\Omega=1$ .
  112. Обчислити модуль спектральної густини одиничного стрибкоподібного імпульсу на частоті  $\Omega=0,5$ .
  113. Обчислити аргумент (фазу) спектральної густини одиничного стрибкоподібного імпульсу на частоті  $\Omega=0,5$ .
  114. Обчислити спектральну густину теплового шуму на опорі  $1\text{ Ом}$  при температурі  $28^\circ\text{C}$ .
  115. Побудувати кореляційну функцію шуму з спектральною густиною  $S(\omega) = \frac{0.05}{0.01 + \omega^2}$ .
  116. Побудувати кореляційну функцію шуму з спектральною густиною  $S(\omega) = \frac{0.05}{0.01 + \omega^2}$ .
  117. Побудувати кореляційну функцію шуму з дисперсією  $0,25$  і спектральною густиною  $S(\omega) = 0.25 \left[ \frac{1}{0.01 + (2 - \omega)^2} + \frac{1}{0.01 + (2 + \omega)^2} \right]$
  118. Сигнал має частотний спектр, обмежений частотою  $F_{\max} = 10 \text{ кГц}$ , причому роздільна здатність по частоті складає  $100 \text{ Гц}$ . Протягом якого проміжку часу повинен спостерігатися сигнал? Через які проміжки часу повинні зніматися відліки сигналу?
  119. Сигнал спостерігається протягом  $10 \text{ сек.}$ , причому відліки сигналу знімаються через  $10 \text{ мксек}$ . Яка гранична частота сигналу  $F_{\max}$  може бути зафіксована? Яке роздільна здатність по частоті буде забезпечуватися в цьому випадку?

## 7. Методи навчання

Під час вивчення дисципліни використовуються нормативні документи, каталоги, лабораторне обладнання, комп'ютерні програми з відповідним програмним забезпеченням, тощо.

При вивченні дисципліни використовуються лекційні і лабораторні види аудиторних занять, самостійна робота студентів, контрольні індивідуальні завдання для окремих аспірантів, виходячи з особистісних характеристик.

Лекційні заняття крім теоретичних положень містять і проблемні, дискусійні твердження, варіанти вирішення яких досягаються обов'язковим обговоренням їх між усіма присутніми.

Проводяться навчальні дискусії, які базуються на обміні думками між аспірантами і викладачами.

Для розвитку творчого мислення аспірантів, формування в них відповідних практичних умінь та навичок використовуються методи активного навчання.

Лабораторні заняття носять дослідницький, частково-пошуковий характер і базуються на проведенні експериментальних вимірювань, моделюванні в програмних середовищах Electronics Workbench, MathCAD, MATLAB та використанні комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Самостійна робота аспірантів направлена на поглиблення теоретичних знань з дисципліни, набуття навичок самостійного освоєння нового матеріалу і передбачає роботу з підручниками, книгами, інтернет-ресурсами у вигляді анутовання, конспектування, складання довідки, реферату, тематичного тезауруса, тощо

## **8. Форми контролю**

Застосовується контроль попередній, поточний, періодичний, підсумковий.

Попередній контроль проводиться, щоб визначити рівень підготовленості аспірантів і з'ясувати початкову ситуацію для подальшої організації навчального процесу.

Поточний контроль застосовується, як правило, на планових заняттях. Перевіряється рівень опанування аспірантами програмного матеріалу, виконання лабораторних й індивідуальних завдань, самостійної роботи, формування практичних навичок та вмінь, передбачених програмою дисципліни.

Періодичний контроль має системний, плановий і цілеспрямований характер. Цей контроль здійснюється в процесі планових занять.

Підсумковий контроль спрямовано на визначення рівня реалізації завдань, сформульованих у навчальній програмі. Він охоплює і теоретичну, і практичну підготовку аспірантів, проводиться наприкінці семестру.

## **9. Методичне забезпечення**

Науково-методичне забезпечення навчального процесу передбачає: державні стандарти, навчальні плани, підручники і навчальні посібники; інструктивно-методичні матеріали лабораторних занять; індивідуальні навчально-дослідні завдання; контрольні роботи; текстові та електронні варіанти питань для поточного і підсумкового контролю, методичні матеріали для організації самостійної роботи.

## 10. Рекомендована література

### Основна література

1. Айфичер Э.С., Джервис Б.У. Цифровая обработка сигналов: практический подход, 2-е издание.: Пер. с англ. –М.: Изд. Дом «Вильямс», 2004. – 992с.
2. Оппенгейм А.В., Шафер Р.В. Цифровая обработка сигналов: Пер. с англ./Под ред. С.Я. Шаца. – М.: Связь, 2009. – 416 с.
3. Тропченко А Ю., Тропченко А.А. Цифровая обработка сигналов. Методы предварительной обработки. Учебное пособие по дисциплине "Теоретическая информатика". – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 100 с.
4. Фриз М.Є., Стадник М. А Обробка сигналів та зображень / Конспект лекцій з дисципліни.- Тернопіль: ТНТУ, 2015 – 97 с.
5. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов: Учебник для вузов. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2007.–751с.
6. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов: Учеб. пособие. 3-е изд. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011.–733с.

### Додаткова література

1. Жураковський Ю.П., Полторак В.П. Теорія інформації та кодування.-К.: Вища шк.,2001. – 225 с.
2. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Сов. радио, 1986. – 512 с.
3. Айфичер Э. С., Джервис Б. У. Цифровая обработка сигналов: практический подход, 2-е изд.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 123 с.
4. Лайонс Р. Цифровая обработка сигналов / Пер. с англ. – 2-е изд. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2007. – 295 с.
5. Оппенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов: Пер. с англ. – 3-е изд., испр. – М.: Техносфера, 2012 – 521 с.
6. Гадзиковский В. И. Цифровая обработка сигналов. – М.: Солон-Пресс, 2013. – 195 с.
7. Солонина А. И. Цифровая обработка сигналов в зеркале MATLAB: Учеб. пособие. – СПб.: БХВ-Петербург, 2018 – 425 с.

## 11. Інформаційні ресурси

1. <https://wikipedia.org>
2. [www.google.com.ua](http://www.google.com.ua) - Пошуковий сайт.
3. [http://pmos.vntu.edu.ua/media/uploads/signals/OSZ\\_OK.pdf](http://pmos.vntu.edu.ua/media/uploads/signals/OSZ_OK.pdf)- Фриз М.Є., Стадник М. А. Конспект лекцій з дисципліни “Обробка сигналів та зображень”. Тернопіль: ТНТУ, 2015 – 97 с.
4. <https://habr.com/ru/post/460445/> Курс лекций «Основы цифровой обработки сигналов».
5. <https://studfile.net/preview/8105051/> Глинченко А.С. Цифровая обработка сигналов: В 2 ч. Ч. 1. Красноярск: Изд-во КГТУ. 2001. 199 с.

6. [www.meta.ua](http://www.meta.ua) - Пошуковий сайт.
7. <http://nubip.edu.ua/> - Головна сторінка НУБіП України.
8. <http://nubip.edu.ua/node/1376> - Кафедра АРС.
9. <http://energ.nauu.kiev.ua/> - Навчально-інформаційний портал ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження.
10. [https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u37/tehnichni\\_zasobi\\_suchasnih\\_kop\\_yu\\_terno-integrovanih\\_sistem\\_asp.pdf](https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u37/tehnichni_zasobi_suchasnih_kop_yu_terno-integrovanih_sistem_asp.pdf) - аспірантура НУБіП України.
11. <http://elibrary.nubip.edu.ua> – електронна наукова бібліотека НУБіП України.
12. <http://www.nbuv.gov.ua/> - Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського, Київ.
13. <http://ntbu.ru/> - Державна науково-технічна бібліотека України.