

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Кафедра «Автоматизація виробничих процесів»

Т Е О Р І Я І Н Ф О Р М А Ц І Ї

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання самостійної роботи

для студентів спеціальності

G7 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

Затверджено на засіданні кафедри
«Автоматизація виробничих процесів»
Протокол № 10 від 27 травня 2026 р.

Кропивницький
2026

Теорія інформації. Методичні вказівки до виконання самостійної роботи для студентів спеціальності G7 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» /Укл. Березюк І. А., Дідик О.К.

Пархоменко Ю.М.– Кропивницький: ЦНТУ, 2026. – 44 с.

Укладачі: Березюк І.А. - кандидат технічних наук, доцент

Дідик О. К. – кандидат технічних наук. доцент

Пархоменко Ю.М. - кандидат технічних наук. доцент

Рецензент: Мацуй А.М. - доктор технічних наук, професор.

© Березюк І.А., Дідик О. К., Пархоменко Ю.М.

ВСТУП

Стрімкий розвиток сучасних інформаційних технологій, засобів автоматизації виробничих процесів, комп'ютерно-інтегрованих систем керування та цифрових комунікацій висуває підвищені вимоги до рівня підготовки фахівців у галузі автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій. Однією з фундаментальних дисциплін, що формує теоретичну основу для вивчення процесів отримання, передавання, оброблення та зберігання інформації в автоматизованих системах, є дисципліна «Теорія інформації».

Теорія інформації займає важливе місце у професійній підготовці майбутніх фахівців, оскільки забезпечує наукове підґрунтя для аналізу інформаційних процесів, дослідження характеристик сигналів, оцінювання ефективності каналів зв'язку, вибору методів кодування та захисту інформації, а також для побудови сучасних систем автоматичного керування, інформаційно-вимірювальних комплексів і комп'ютерно-інтегрованих виробничих систем.

У сучасних автоматизованих технологічних процесах інформація виступає основним ресурсом, від якого залежать якість керування, ефективність функціонування обладнання, надійність прийняття рішень та економічність виробництва. Системи автоматизації використовують значні обсяги даних, які надходять від датчиків, вимірювальних перетворювачів, контролерів, виконавчих механізмів та операторських станцій. Тому майбутній інженер повинен володіти знаннями щодо кількісної оцінки інформації, закономірностей її передавання каналами зв'язку, впливу завад на інформаційні процеси, методів підвищення достовірності передавання повідомлень та способів оптимізації інформаційних потоків у складних технічних системах.

Вивчення дисципліни «Теорія інформації» спрямоване на формування у студентів знань про основні поняття та закономірності інформаційних процесів, принципи математичного опису джерел повідомлень, способи оцінювання кількості інформації, ентропійні характеристики інформаційних джерел, методи аналізу сигналів у часовій та частотній областях, основи теорії кодування, принципи побудови завадостійких кодів та оцінювання пропускну здатності каналів зв'язку.

Особливого значення набуває самостійна робота студентів, яка є невід'ємною складовою освітнього процесу та важливим засобом формування професійних компетентностей. Самостійне опрацювання навчального матеріалу сприяє розвитку аналітичного мислення, уміння працювати з науково-технічною літературою, нормативною документацією та сучасними програмними засобами, а також формує навички розв'язання інженерних задач, що виникають під час проектування та експлуатації автоматизованих систем.

Дані методичні вказівки призначені для організації самостійної роботи студентів під час вивчення дисципліни «Теорія інформації». Вони містять теоретичні відомості, методичні рекомендації щодо опрацювання навчального матеріалу, приклади розв'язання типових задач, завдання для самостійного виконання, контрольні запитання та рекомендації з підготовки до поточного й підсумкового контролю знань.

Основною метою самостійної роботи є закріплення та поглиблення теоретичних знань, отриманих під час лекційних занять, набуття практичних навичок аналізу інформаційних процесів і застосування математичного апарату теорії інформації для розв'язання прикладних задач автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

У процесі виконання самостійної роботи студенти повинні:

- засвоїти основні поняття та визначення теорії інформації;
- вивчити методи кількісного оцінювання інформації та ентропійних характеристик джерел повідомлень;
- навчитися виконувати аналіз сигналів у часовій та частотній областях;
- оволодіти методами розрахунку характеристик каналів зв'язку;
- засвоїти принципи побудови ефективних та завадостійких кодів;
- навчитися оцінювати вплив шумів і завад на якість передавання інформації;
- отримати навички використання математичних моделей інформаційних процесів у системах автоматизації;
- підготуватися до виконання курсових і кваліфікаційних робіт, пов'язаних із розробленням автоматизованих систем керування та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Знання та практичні навички, набуті під час вивчення дисципліни, є необхідними для подальшого опанування професійно орієнтованих дисциплін, таких як автоматизовані системи керування технологічними процесами, мікропроцесорні системи автоматизації, комп'ютерно-інтегровані виробництва, цифрова обробка сигналів, промислові мережі та інформаційно-вимірювальні системи.

Таким чином, дисципліна «Теорія інформації» забезпечує формування фундаментальних знань щодо закономірностей функціонування інформаційних систем та створює теоретичну основу для професійної діяльності майбутніх фахівців у сфері автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій. Раціонально організована самостійна робота студентів сприятиме більш глибокому засвоєнню навчального матеріалу, розвитку професійних компетентностей та підготовці конкурентоспроможних спеціалістів для сучасного високотехнологічного виробництва.

Методичні вказівки призначені для студентів закладів вищої освіти, які навчаються за спеціальністю G7«Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка», і можуть бути використані як під час аудиторної, так і позааудиторної роботи, а також у процесі підготовки до практичних занять, модульного контролю та підсумкової атестації.

Курс складається із 3-х розділів (0-100 балів).

РОЗДІЛ № 1. (0-33 бали)

ТЕМА №1 Загальні поняття та визначення теорії інформації.

ТЕМА №2 Сигнал як носій інформації.

1.1. Поточний тестовий контроль (ПТК). (0-16 балів)

Критерії оцінювання:

- Неправильна відповідь – 0 балів;
- Вірна відповідь – 1 бал.

1.2. Виконання практичних робіт (ВПР). (0-12 балів)

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1 Частотне представлення періодичного сигналу

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2 Частотне представлення неперіодичного сигналу

ПРАКТИЧНА РОБОТА №3 Розрахунок частотних характеристик регулярних сигналів

ПРАКТИЧНА РОБОТА №4 Оцінка кореляційних функцій випадкових сигналів

ПРАКТИЧНА РОБОТА №5 Розрахунок спектральних щільностей стаціонарних випадкових процесів

Критерії оцінювання:

- Невиконана робота – 0 балів;
- Виконана робота – 1 бал;
- Виконана та оформлена робота – 2 бала;
- Виконана, оформлена та захищена робота – 3 бала;
- Виконана, оформлена та вчасно* захищена робота – 4 бала.

1.3. Самостійна робота студента (СРС). (0-5 балів)

ТЕМА №1: Загальні поняття та визначення інформації та інформаційних систем.

Ентропія неперервних повідомлень. Ентропія та кількість інформації при статистичній залежності елементів повідомлень.

ТЕМА №2: Сигнал як носій інформації.

Загальна характеристика сигналів. Часове представлення детермінованих сигналів. Періодичні сигнали. Неперіодичні сигнали.

Критерії оцінювання:

- СРС студентом не виконувалось – 0 балів;
- Студент отримав завдання з СРС – 1 бал;
- Студент отримав завдання з СРС і виконав його – 2 бала;
- Студент отримав завдання з СРС, виконав його та надав рукописний звіт – 3 бала;
- Студент отримав завдання з СРС, виконав його, надав рукописний звіт та захистив його – 4 бала;
- Студент отримав завдання з СРС, виконав його та надав звіт, оформлений на ЕОМ – 4 бала;
- Студент отримав завдання з СРС, виконав його, надав звіт, оформлений на ЕОМ та захистив його – 5 балів;

Таблиця 1.1

Оцінювання знань студентів при вивченні розділу №1

Показники	Оцінка в балах			
	«5» Відмінно	«4» добре	«3» задовільно	«2» незадовільно
ПТК	14-16	11-13	9-11	0-9
ВІР	10-12	8-10	7-8	0-7
СРС	4-5	3-4	3-3	0-3
ЗСБ (загальна сума балів)	28-33	22-27	19-22	0-19

1.4. Завдання для самостійного виконання.

Варіант 1

1. Побудувати амплітудно-частотний і фазочастотний спектри напруги

$$u(t) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \cos \left[2\pi n \cdot 10^6 t + \frac{\pi}{n} (-1)^{n+1} \right], \text{ В.}$$

Зобразити залежність напруги від часу.

2. Знайти спектр одиночного імпульсу високочастотних коливань (рис. 1.4.1), якщо

$$x(t) = \begin{cases} h \cos \omega_0 t & \text{при } -\frac{\tau}{2} \leq t \leq \frac{\tau}{2}; \\ 0 & \text{при } \frac{\tau}{2} < t < -\frac{\tau}{2}. \end{cases}$$

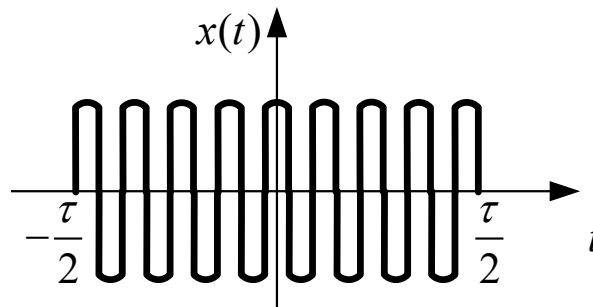


Рисунок 1.4.1 - Імпульс

3. Знайти кореляційну функцію для процесу зі спектральною щільністю у вигляді δ -функції - $G(\omega) = \delta(\omega)$ (рис. 1.4.2).

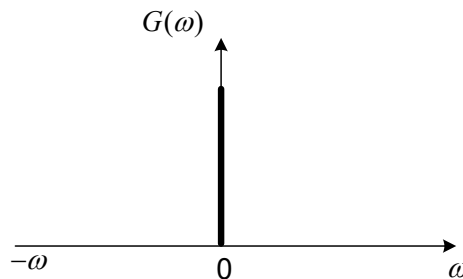


Рисунок 1.4.2 - Спектральна щільність процесу

Варіант 2

1. Виконати спектральний аналіз коливання

$$s(t) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{1+2^n} \cos^n \left(2\pi \cdot 10^3 t + \frac{\pi}{4} \right)$$

Визначити його період.

2. Спектральна щільність імпульсу в діапазоні частот від $f=0$ до $|f| \leq 10$ МГц практично рівномірна й становить 10 мкВ/Гц. Визначити амплітуди перших десяти гармонік періодичної послідовності подібних імпульсів з періодами 1 мс і 1 мкс.

3. Білий шум зі спектральною щільністю $G(\omega) = G_0 = const$ проходить через підсилювач із частотною характеристикою у формі гаусової кривої (рис. 1.4.3).

$$G(\omega) = G_0 e^{\left\{ -\frac{(\omega - \omega_0)^2}{\beta^2} \right\}}$$

Знайти кореляційну функцію й спектральну щільність вихідного сигналу

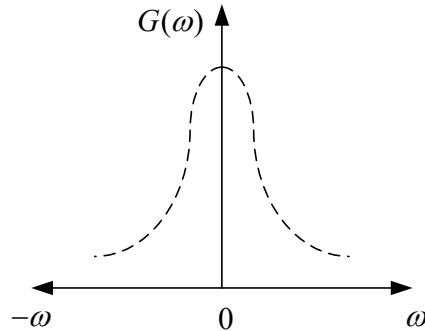


Рисунок 1.4.3 - Спектральна щільність процесу

Варіант 3

1. Розрахувати спектри амплітуд і фаз періодичної послідовності імпульсів, яку представлено на рис. 1.4.4.

$$U(t) = \begin{cases} t/2, & -\pi < t < \pi; \\ 0, & t = \pi. \end{cases}$$

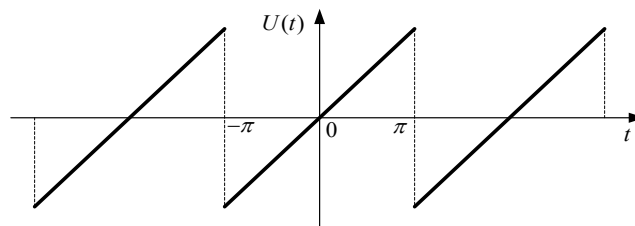


Рисунок 1.4.4 - Періодична послідовність пілкоподібних імпульсів

2. Визначити спектр одиночного прямокутного імпульсу.

$$s(t) = \begin{cases} A, & -\frac{\tau}{2} \leq t \leq \frac{\tau}{2}; \\ 0, & -\frac{\tau}{2} > t, \frac{\tau}{2} < t. \end{cases}$$

Розглянутий сигнал наведено на рис. 1.4.5

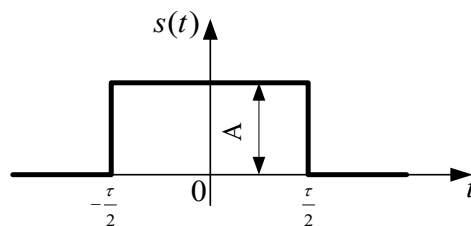


Рисунок 1.4.5 - Одиночний прямокутний імпульс

3. Кореляційна функція випадкового процесу $x(t)$ задана співвідношенням

$$K_x(\tau) = Ae^{-\alpha|\tau|},$$

де $\alpha > 0$ (рис. 1.4.15).

Знайти спектральну щільність випадкового процесу

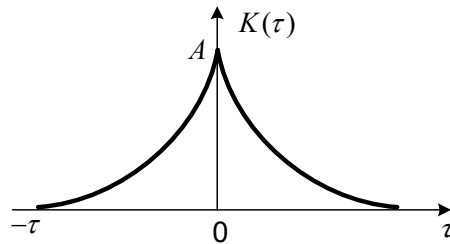
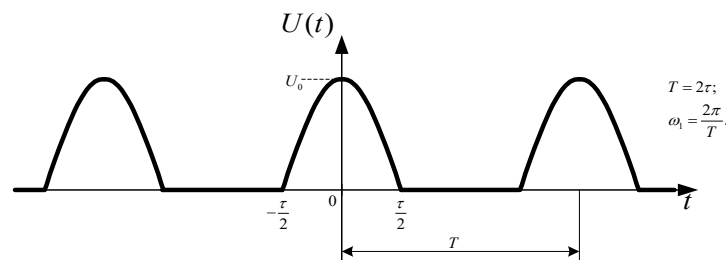


Рисунок 1.4.6 - Кореляційна функція випадкового процесу

Варіант 4

1. Розрахувати спектри амплітуд і фаз періодичної послідовності косинусоїдальних імпульсів (рис. 1.4.7), при $U_0=5\text{В}$, $\tau=0,2$ мсек

$$U(t) = \begin{cases} U_0 \cos(\omega_1 t), & -\frac{\tau}{2} \leq t \leq \frac{\tau}{2}; \\ 0, & -\frac{3\tau}{2} \leq t \leq -\frac{\tau}{2}, \frac{\tau}{2} \leq t \leq \frac{3\tau}{2}. \end{cases}$$



a)

Рисунок.1.4.7 - Періодична послідовність косинусоїдальних імпульсів

2. Відобразити за допомогою інтегралу Фур'є задану функцію $y = f(x)$ та побудувати її графік: $f(x) = e^{-\alpha|x|}$ ($\alpha > 0$).

3. Визначити спектральну щільність стаціонарного випадкового процесу $x(t)$, який описується функцією кореляції

$$K_x(\tau) = \begin{cases} \sigma^2 \cdot (1 - |\tau|/t_0), & |\tau| \leq t_0, \\ 0, & |\tau| > t_0. \end{cases}$$

Варіант 5

1. Розрахувати амплітудно-частотний спектр періодичного сигналу $U(t)$ (з періодом T), який задано на інтервалі $-T/2 < t < T/2$ наступним чином: $U(t) = U_0 \cos(\pi t/T)$. Побудувати графік часового представлення сигналу $U(t)$ при $U_0 = 2\text{В}$, $T = 1\text{мкс}$.

2. Визначити спектр імпульсу, що наведено на рис. 1.4.8. Побудувати АЧС і ФЧС при тривалості імпульсу $\tau_0 = 1\text{мкс}$ і амплітуді $U_0 = 1\text{В}$.

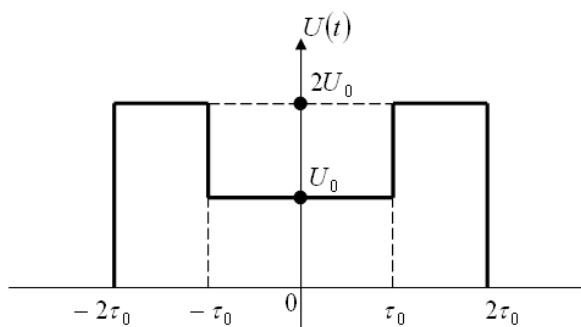


Рисунок 1.4.8 - Імпульс

3. Знайти функцію кореляції стаціонарного випадкового процесу, що має спектральну щільність $G(\omega) = G_0 \cdot e^{-b \cdot \omega^2}$ при $b=0.5$, $G_0=2$

Варіант 6

1. Побудувати амплітудно-частотний спектр парної періодичної послідовності прямокутних імпульсів (рис. 1.4.9, а) з тривалістю $\tau_u = 1\text{мкс}$ і амплітудою $U = 1\text{В}$ при періодах T , рівних 3 і 4 мкс. Як зміниться спектр розглянутої послідовності при співпаданні початку відліку часу із фронтом одного з імпульсів (рис. 1.4.9, б)?



Рисунок 1.4.9 - Парна періодична послідовність прямокутних імпульсів

2. Визначити спектральну щільність сигналу $s(t) = (1 - e^{-\alpha t}) \cos \omega_0 t$, який задано при $t \geq 0$.

3. Знайти інтервал кореляції стаціонарного випадкового процесу $x(t)$ з функцією кореляції $K_x(\tau) = \sigma^2 e^{-\alpha|\tau|}$.

Варіант 7

1. Представити у вигляді ряду Фур'є періодичну послідовність трикутних імпульсів напруги (рис 1.4.10). Побудувати амплітудно-частотний спектр, прийнявши $U = 1$ В, $\tau_u = 0,5$ мс, $T = 1$ мс.

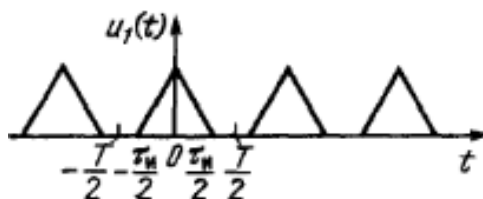


Рисунок 1.4.10 - Періодична послідовність трикутних імпульсів

2. Знайти спектральну щільність трапеційдального імпульсу $s(t)$, який показано на рис.1.4.11а, і його похідної $s'(t)$ (рис.1.4.11б).

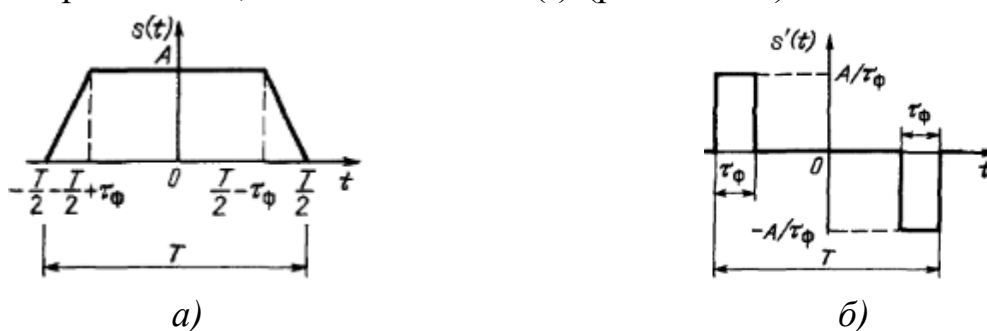


Рисунок 1.4.11 - Щільність та похідна щільності трапеційдального імпульсу

3. Стационарний випадковий процес має ефективну ширину спектра, рівну 1,5 МГц. Максимальне значення одностороннього спектра потужності становить $3 \cdot 10^{-13}$ В²/Гц. Визначити дисперсію даного процесу.

Варіант 8

1. Розрахувати амплітудно-частотний спектр періодичного сигналу $U(t)$ (з періодом T), який задано на інтервалі $0 < t < T$ наступним чином: $U(t) = U_0 e^{-at}$. Побудувати графік часового представлення сигналу $U(t)$ при $U_0 = 1$ В, $T = 2$ мс.

2. Знайти спектральну щільність трикутного імпульсу $s(t)$, який показано на рис.1.4.12. при $A=1$ В, $\tau_u = 2$ мсек

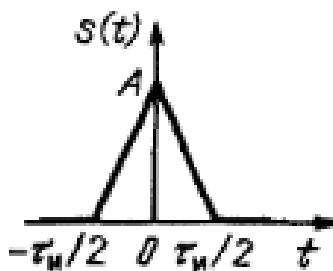


Рисунок 1.4.12 - Імпульс

3. Визначити математичне очікування, дисперсію стаціонарної випадкової напруги, який задано одномірною щільністю ймовірності

$$\varphi(u) = \begin{cases} 0,1 B^{-1}, & 0 \leq u \leq 10 B; \\ 0, & 0 > u, u > 10 B. \end{cases}$$

Варіант 9

1. Визначити практичну ширину спектра періодичної послідовності прямокутних імпульсів при ширині імпульсів τ , що дорівнює $T/2$, якщо потрібно врахувати всі гармонічні складові сигналу, амплітуди яких більше 0,2 від амплітуди першої гармоніки.

2. Визначити спектральну щільність імпульсу $s(t) = Ae^{-\alpha|t|} \text{sinc}(\alpha t)$.

3. Кореляційна функція випадкового процесу дорівнює $K(\tau) = A/(1 + \alpha^2 \tau^2)$. Визначити інтервал кореляції спектральну щільність при $A=2, \tau=0.1, \alpha=0.2$

Варіант 10

1. Представити у вигляді ряду Фур'є періодичну послідовність імпульсів з періодом 4

$$f(x) = \begin{cases} -1, & -2 \leq x < 0; \\ 2, & 0 \leq x < 2, \end{cases}$$

графік, якої представлено на рис. 1.4.13.

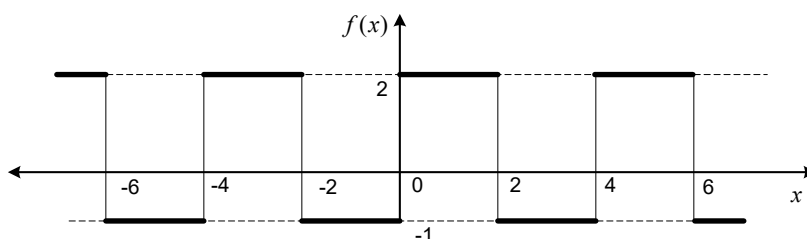


Рисунок 1.4.13 - Періодична функція

2. Побудувати АЧС уніполярного прямокутного імпульсу тривалістю $\tau_u = 1$ мкс. Використовуючи отриманий графік, побудувати АЧС періодичної послідовності імпульсів з періодом $T = 1,5\tau_u$.

3. Визначити ефективну ширину спектра стаціонарного процесу за заданою кореляційною функцією $K(\tau) = Ae^{-\alpha|\tau|}$; $A=5, \tau=0.2, \alpha=0.2$

Варіант 11

1. На вхід приймача, який налаштовано на частоту $f_0 = 500$ кГц, впливає перешкода у вигляді періодичної послідовності прямокутних імпульсів з амплітудою $A = 10$ мВ та періодом $T = 50$ мкс. У смугу пропускання приймача попадає одна з гармонік періодичної послідовності. Визначити номер цієї гармоніки й виявити залежність амплітуди перешкоди на виході приймача від тривалості імпульсів τ_u при співвідношенні T/τ_u , рівної 20, 15, 10 і 5.

2. Спектральна щільність імпульсу в діапазоні частот від $f = 0$ до $|f| \leq 10$ МГц практично рівномірна й становить 20 мкВ/Гц. Визначити амплітуди перших десяти гармонік періодичної послідовності подібних імпульсів з періодами 1 мс і 5 мкс.

3. Знайти середнє значення й дисперсію огибаючої вузькосмугового нормального випадкового процесу $x(t)$ з функцією кореляції $K_x(\tau) = 25e^{-4 \cdot 10^6 \cdot \tau^2} \cdot \cos(10^9 \cdot \tau)$.

Варіант 12

1. Розрахувати спектри амплітуд і фаз періодичної послідовності імпульсів, яку представлено на рис. 1.4.14

$$U(t) = \begin{cases} 0, & -\pi \leq t < 0; \\ t, & 0 < t \leq \pi. \end{cases}$$

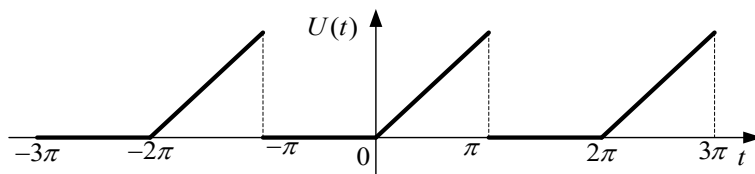


Рис.1.4. 14 Періодична послідовність імпульсів (г)

2. Напівхвильовий косинусоїдальний імпульс тривалістю τ_u задано у вигляді $s(t) = A \cos(\pi t / \tau_u)$ при $-\tau_u / 2 < t < \tau_u / 2$. Визначити його спектральну щільність $S(\omega)$. Побудувати АЧС і ФЧС у координатах $\omega \tau_u, S / (A \tau_u)$.

3. Кореляційна функція випадкового процесу дорівнює $K(\tau) = A e^{-\alpha^2 \tau^2}$. Визначити інтервал кореляції спектральну щільність при $A=1, \tau=0.1, \alpha=0.2$

Варіант 13

1. Розрахувати амплітудно-частотний спектр періодичного сигналу $U(t)$ (з періодом T), який задано на інтервалі $0 < t < T$ наступним чином: $U(t) = U_0 e^{-\alpha t}$. Побудувати графік часового представлення сигналу $U(t)$ при $U_0 = 1$ В, $T = 2$ мс.

2. Визначити спектр і форму сигналу $s(t) = s_1(t)s_2(t)$, якщо відомі спектральні щільності множників $S_1(j\omega) = 2\alpha / (\alpha^2 + \omega^2)$ та $S_2(j\omega) = \pi \delta(\omega) + 1/(j\omega)$.

3. Визначити кореляційну функцію та дисперсію стаціонарного випадкового процесу, що має спектральну щільність середньої потужності $G_{\xi}(\omega) = 2A\alpha/(\omega^2 + \alpha^2)$, $A > 0, \alpha > 0$. $A=5, \alpha=0.2$

Варіант 14

1. Розрахувати амплітудно-частотний спектр періодичного сигналу $U(t)$ (з періодом T), який задано на інтервалі $0 < t < \tau$ наступним чином: $U(t) = -U_0 t / \tau$. Побудувати графік часового представлення сигналу $U(t)$ при $U_0 = 2$ В, $T = 1$ мс, $\tau = 0,8$ мс.

2. Визначити спектральну щільність одиночного імпульсу: $U(t) = U_0 e^{-\beta|t|}$.

$$U_0 = 2, \beta = 0.1$$

3. Кореляційна функція випадкового процесу дорівнює $K(\tau) = A \operatorname{sinc}(\alpha\tau)$. Визначити спектральну щільність

Варіант 15

1. Представити у вигляді ряду Фур'є періодичну послідовність прямокутних імпульсів напруги (рис. 1.4.15). Побудувати амплітудно-частотний спектр, прийнявши $U_0 = 2$ В, $T = 2$ мс.

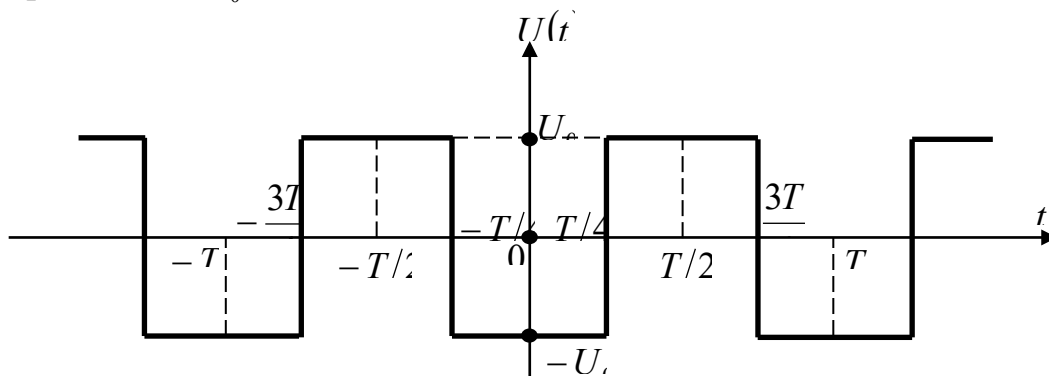


Рисунок 1.4.15 Періодична функція (і)

2. Експонентний імпульс напруги $u(t) = 1 - e^{-\alpha t}$, $t \geq 0$; $u(t) = 0$, $t < 0$ діє на ланцюг, який пригнічує всі частоти, що перевищують $f_{гр}$, при цьому АЧС знижується до однієї десятої від максимального значення $U(0)$. Визначити частку енергії у відсіченій частини спектра й різницю напруг на виході й вході (зміну фаз ланцюгом не враховувати). Побудувати залежність напруги на виході ланцюга від часу.

3. Визначити ефективну ширину спектра стаціонарного процесу за заданою кореляційною функцією $K(\tau) = A e^{-\alpha|\tau|}$; $A=1, \tau=0.5, \alpha=0.2$

1.5. Контрольні питання:

1. За яких умов періодична функція може бути представлена рядом Фур'є?
2. Які характерні риси має спектр періодичного сигналу?
3. Як можна енергетично тлумачити спектр періодичного сигналу?
4. Що таке перетворення Фур'є?
5. Чим визначається практична ширина спектра періодичної послідовності прямокутних імпульсів за умови, якщо тривалість імпульсів більше половини періоду імпульсів?
6. Які детерміновані сигнали належать до елементарних сигналів?
7. Що розуміють під практичною шириною спектра сигналу? Які критерії використовують для вибору практичної ширини спектра?
8. За яких умов неперіодична функція може бути представлена інтегралом Фур'є?
9. Яким чином можна отримати спектр неперіодичного сигналу безпосередньо зі спектру відповідного періодичного сигналу?
10. Як можна енергетично визначити спектр неперіодичного сигналу?
11. Що є практичною шириною спектра неперіодичного сигналу? Які критерії використовують для вибору практичної ширини спектру сигналу?
12. Як спектр неперіодичного сигналу відрізняється від спектру періодичного сигналу?
13. Які труднощі виникають при використанні n -вимірної щільності розподілу ймовірностей випадкового процесу для аналізу систем передачі інформації?
14. Якими усередненими характеристиками описуються звичайно випадкові процеси?
15. Що розуміють під математичним очікуванням і дисперсією випадкового процесу?
16. Що розуміють під кореляційною функцією випадкового процесу?
17. Що розуміють під стаціонарністю випадкового процесу в широкому та вузькому сенсах?
18. Які основні властивості має кореляційна функція стаціонарного процесу?
19. Який випадковий процес називають білим шумом?
20. Якою є кореляційна функція білого шуму?
21. Що розуміють під ефективною шириною спектру випадкового процесу?
22. Який зв'язок існує між інтервалом кореляції та ефективною шириною спектру випадкового процесу?

РОЗДІЛ № 2 . (0-33 бали)

ТЕМА №3: Інформаційні моделі повідомлень та каналів передачі інформації.

ТЕМА №4: Інформаційні характеристики джерел повідомлень.

ТЕМА №5: Інформаційні характеристики каналів зв'язку.

ТЕМА №6: Узгодження дискретного джерела з дискретним каналом.

2.1.Поточний тестовий контроль (ПТК). (0-16 балів)

Критерії оцінювання:

- Неправильна відповідь – 0 балів;
- Вірна відповідь – 1 бал.

2.2.Виконання практичної роботи (ВПР). (0-12 балів)

ПРАКТИЧНА РОБОТА №6 Кількісна оцінка інформації у повідомленні.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №7 Побудова інформаційних моделей складних повідомлень

ПРАКТИЧНА РОБОТА №8 Обчислення інформаційних характеристик повідомлень з урахуванням взаємозалежності символів.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №9 Використання канальних матриць для побудови інформаційних моделей

ПРАКТИЧНА РОБОТА №10 Оцінювання ентропії системи.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №11 Визначення інформаційних втрат при передачі по каналах зв'язку із завадами.

Критерії оцінювання:

- Невиконана робота – 0 балів;
- Виконана робота – 1 бал;
- Виконана та оформлена робота – 2 бала;
- Виконана, оформлена та захищена робота – 3 бала;
- Виконана, оформлена та вчасно* захищена робота – 4 бала.

2.3.Самостійна робота студента (СРС). (0-5 балів)

ТЕМА № 3 Інформаційні характеристики джерел повідомлень.

Характеристики неперервних сигналів.

ТЕМА №4 Інформаційні характеристики каналів зв'язку .

Канали з обмеженою середньою потужністю сигналу. Канали з обмеженою піковою (максимальною) потужністю. Канали зі змінними параметрами.

Критерії оцінювання:

- СРС студентом не виконувалось – 0 балів;

- Студент отримав завдання з СРС – 1 бал;
- Студент отримав завдання з СРС і виконав його – 2 бала;
- Студент отримав завдання з СРС, виконав його та надав рукописний звіт – 3 бала;
- Студент отримав завдання з СРС, виконав його, надав рукописний звіт та захистив його – 4 бала;
- Студент отримав завдання з СРС, виконав його та надав звіт, оформлений на ЕОМ – 4 бала;
- Студент отримав завдання з СРС, виконав його, надав звіт, оформлений на ЕОМ та захистив його – 5 балів;

Таблиця 2.1

Оцінювання знань студентів при вивченні модуля №2

Показники	Оцінка в балах			
	«5» Відмінно	«4» добре	«3» задовільно	«2» незадовільно
ПТК	14-16	12-14	10-11	0-9
ВПП	10-12	9-10	7-9	0-7
СРС	4-5	3-4	3-3	0-3
ЗСБ (загальна сума балів)	28-33	24-28	20-23	0-19

2.4. Завдання для самостійного виконання.

Задача 2.4.1. Отримати чисельні значення ентропії, продуктивності та надмірності дискретного джерела інформації з алфавітом X потужності. Значення ймовірностей $p(x_i)$ виникнення символів та їх тривалостей τ_i (в мілісекундах, мс) для різних варіантів наведені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

№ варіанта	$p(x_1)$	$p(x_2)$	$p(x_3)$	$p(x_4)$	τ_1	τ_2	τ_3	τ_4
1	0,33	0,08	0,15	0,44	1,2	0,2	0,8	0,5
2	0,21	0,16	0,03	0,6	5,4	1,5	2,3	1,2
3	0,15	0,27	0,34	0,24	15	7	5	10
4	0,05	0,08	0,11	0,76	8,6	3,4	5,8	0,9
5	0,62	0,28	0,04	0,06	0,3	0,4	0,6	0,8
6	0,17	0,41	0,23	0,19	2,6	1,1	0,5	7,3
7	0,55	0,15	0,06	0,24	3,3	5,1	1,2	1,2
8	0,08	0,35	0,27	0,3	0,1	0,3	0,5	0,8
9	0,22	0,33	0,05	0,4	2,2	1,8	0,5	3
10	0,62	0,12	0,08	0,18	1,8	0,8	0,6	0,5
11	0,26	0,14	0,5	0,1	3,7	2,1	1,2	1,5
12	0,14	0,33	0,27	0,26	0,2	0,1	0,5	1,5

13	0,18	0,03	0,64	0,15	2,5	1,4	0,7	2,2
14	0,37	0,18	0,06	0,39	5	14	8	3
15	0,25	0,15	0,33	0,27	1,8	1,2	0,8	0,5
16	0,09	0,44	0,28	0,19	36	18	28	8
17	0,66	0,15	0,15	0,04	3,4	5,8	1,3	2,5
18	0,22	0,05	0,16	0,57	0,5	0,3	0,2	0,8
19	0,53	0,24	0,15	0,08	7,6	2,1	1,5	8,3
20	0,18	0,22	0,25	0,35	2,8	3,5	4,8	1,3

Задача 2.4.2. Маємо два дискретних джерела інформації з алфавітами $X=\{x_1, x_2, x_3\}$, $Y=\{y_1, y_2, y_3\}$. Чисельні значення ймовірностей $p(x_i, y_k)$ сумісного виникнення символів на виходах джерел для різних варіантів наведені у таблиці 2.3. Чому дорівнює ентропія системи цих двох джерел? Чи є джерела статистично незалежними?

Таблиця 2.3

№ варіанта	$p(x_1, y_1)$	$p(x_1, y_2)$	$p(x_1, y_3)$	$p(x_2, y_1)$	$p(x_2, y_2)$	$p(x_2, y_3)$
1	0,15	0,08	0,25	0,30	0,16	0,06
2	0,12	0,04	0,24	0,18	0,06	0,36
3	0,33	0,11	0,06	0,06	0,11	0,33
4	0,05	0,08	0,11	0,36	0,25	0,15
5	0,22	0,28	0,04	0,06	0,15	0,25
6	0,17	0,21	0,23	0,12	0,08	0,19
7	0,24	0,03	0,03	0,56	0,07	0,07
8	0,08	0,08	0,30	0,12	0,12	0,30
9	0,12	0,33	0,05	0,24	0,15	0,11
10	0,09	0,18	0,18	0,11	0,22	0,22
11	0,22	0,09	0,18	0,18	0,11	0,22
12	0,14	0,28	0,08	0,26	0,14	0,10
13	0,42	0,12	0,06	0,28	0,08	0,04
14	0,03	0,18	0,26	0,26	0,12	0,15
15	0,15	0,15	0,43	0,08	0,08	0,11
16	0,21	0,08	0,28	0,15	0,12	0,16
17	0,16	0,05	0,04	0,24	0,06	0,45
18	0,02	0,05	0,43	0,02	0,33	0,15
19	0,15	0,05	0,05	0,45	0,15	0,15
20	0,06	0,03	0,01	0,54	0,27	0,09

Задача 2.4.3. Маємо два дискретних джерела інформації з алфавітами $X = \{x_1, x_2, x_3\}$ та $Y = \{y_1, y_2, y_3\}$. Чисельні значення безумовних $p(y_k)$ та умовних $p(y_k/x_i)$ ймовірностей виникнення символів на виході джерела з алфавітом Y відомі та для різних варіантів наведені у таблиці 5.

- а) Знайти $H(X/Y)$, $H(X)$, $H(Y)$.
- б) Отримати чисельні значення ентропії $H(X, Y)$ системи двох джерел та повної взаємної інформації $I(X, Y)$.
- в) Яке з цих джерел має більшу надмірність?
- г) Швидкість передачі інформації.
- д) Втрати інформації

Таблиця 2.4

№ варіанта	$p(y_1)$	$p(y_2)$	$p(y_3)$	$\begin{bmatrix} p(y_1/x_1) & p(y_2/x_1) & p(y_3/x_1) \\ p(y_1/x_2) & p(y_2/x_2) & p(y_3/x_2) \end{bmatrix}$			τ , мкс	k
1	0,37	0,594	0,036	0,56 0,36	0,10 0,62	0,34 0,02	0,3	100
2	0,498	0,240	0,262	0,75 0,33	0,15 0,30	0,10 0,37	5,1	30
3	0,5	0,24	0,26	0,76 0,24	0,12 0,36	0,12 0,40	1,1	250
4	0,575	0,29	0,135	0,75 0,25	0,15 0,55	0,10 0,20	0,4	75
5	0,304	0,29	0,406	0,36 0,16	0,15 0,65	0,49 0,19	1,4	80
6	0,479	0,348	0,173	0,40 0,50	0,19 0,39	0,4 0,11	3,4	450
7	0,206	0,168	0,626	0,15 0,43	0,18 0,12	0,67 0,45	7	25
8	0,266	0,466	0,268	0,28 0,14	0,48 0,34	0,24 0,52	1,5	230
9	0,424	0,136	0,44	0,40 0,55	0,12 0,22	0,48 0,23	0,2	1000
10	0,656	0,188	0,156	0,74 0,54	0,23 0,13	0,03 0,33	3,5	45
11	0,257	0,504	0,239	0,17 0,27	0,33 0,53	0,50 0,20	2,1	1200
12	0,412	0,202	0,386	0,37 0,42	0,58 0,13	0,05 0,45	0,3	56
13	0,181	0,449	0,37	0,15 0,25	0,48 0,38	0,37 0,37	1,4	83
14	0,368	0,178	0,454	0,53 0,33	0,34 0,14	0,13 0,53	5,8	120
15	0,532	0,082	0,386	0,74 0,34	0,16 0,01	0,10 0,65	18	670

16	0,236	0,328	0,436	0,33 0,13	0,14 0,54	0,53 0,33	1,8	540
17	0,483	0,221	0,296	0,27 0,57	0,15 0,25	0,58 0,18	1,2	900
18	0,312	0,348	0,34	0,18 0,38	0,15 0,45	0,67 0,17	14	50
19	0,168	0,286	0,546	0,11 0,31	0,17 0,57	0,72 0,12	0,1	43
20	0,444	0,225	0,296	0,36 0,48	0,12 0,27	0,52 0,25	2,1	91

5. Контрольні питання:

1. Що таке джерело повідомлень?
2. Що таке ансамбль повідомлень?
3. Як визначається кількість інформації в одному повідомленні?
4. Що таке ентропія?
5. Сформулюйте основні властивості ентропії.
6. Як визначається ентропія дискретної системи з рівномірними і нерівномірними станами ?
7. Як обчислити кількість інформації в повідомленні, якщо символи зустрічаються з однаковою імовірністю?
8. В яких одиницях вимірюється ентропія та кількість інформації?
9. Чому дорівнює ентропія при нерівномірному і взаємозалежному розподілі елементів системи?
10. Як визначається ентропія об'єднання двох джерел?
11. За яких умов ентропія джерела стає максимальною?
12. Що таке умовна ентропія?
13. Яким чином можна визначити чи є джерела статистично залежними?
14. Які бувають та для чого використовуються каналні матриці?
15. Як визначити інформаційні втрати при передачі повідомлення?
16. Що таке надлишковість та в яких одиницях вимірюється?

РОЗДІЛ № 3 (0-34 бали)

ТЕМА № 7 Кодування сигналів.

ТЕМА № 8 Елементи теорії прийому сигналів і статистичних рішень.

ТЕМА № 9 Ефективність передачі інформації

ТЕМА № 10 Інформаційні критерії оцінювання ефективності систем керування.

3.1.Поточний тестовий контроль (ПТК). (0-16 балів)

Критерії оцінювання:

- Неправильна відповідь – 0 балів;
- Вірна відповідь – 1 бал.

3.2.Виконання практичної роботи (ВПР). (0-12 балів)

ПРАКТИЧНА РОБОТА №12 Визначення швидкості передачі інформації та пропускну здатності каналів зв'язку

ПРАКТИЧНА РОБОТА №13 Визначення надлишковості повідомлень.

Оптимальне кодування

ПРАКТИЧНА РОБОТА №14 Побудова оптимальних нерівномірних кодів

ПРАКТИЧНА РОБОТА №15 Побудова коректуючих лінійних кодів

ПРАКТИЧНА РОБОТА №16 Побудова коректуючих циклічних кодів

Критерії оцінювання:

- Невиконана робота – 0 балів;
- Виконана робота – 1 бал;
- Виконана та оформлена робота – 2 бала;
- Виконана, оформлена та захищена робота – 3 бала;
- Виконана, оформлена та вчасно* захищена робота – 4 бала.

3.3.Самостійна робота студента (СРС). (0-6 балів)

ТЕМА № 5 Кодування сигналів.

Систематичні коди. Коди з виявленням і виправленням помилок :

коди Хеммінга; циклічні коди; ітеративні коди; рекурентні коди.

ТЕМА № 6 Ефективність інформаційних систем.

Критерій ефективності інформаційних систем. Способи підвищення ефективності інформаційних систем.

ТЕМА № 7 Завадостійкість інформаційних систем.

Загальна характеристика завад в системах передачі інформації. Критерії оцінки завадостійкості інформаційних систем.

ТЕМА № 8 Інформаційна оцінка автоматизованих систем керування та контролю.

Загальна характеристика автоматизованих систем контролю та керування.
Оцінка ступеню невизначеності стану об'єкта контролю.

Критерії оцінювання:

- СРС студентом не виконувалось – 0 балів;
- Студент отримав завдання з СРС – 1 бал;
- Студент отримав завдання з СРС і виконав його – 3 бала;
- Студент отримав завдання з СРС, виконав його та надав рукописний звіт – 4 бала;
- Студент отримав завдання з СРС, виконав його, надав рукописний звіт та захистив його – 5 бала;
- Студент отримав завдання з СРС, виконав його та надав звіт, оформлений на ЕОМ – 5 бала;
- Студент отримав завдання з СРС, виконав його, надав звіт, оформлений на ЕОМ та захистив його – 6 балів;

Таблиця 3.1

Оцінювання знань студентів при вивченні модуля №3

Показники	Оцінка в балах			
	«5» Відмінно	«4» добре	«3» задовільно	«2» незадовільно
1	2	3	4	5
ПТК	14-16	12-14	10-12	0-10
ВІР	11-12	9-11	8-9	0-8
СРС	5-6	4-5	3-4	0-3
ЗСБ (загальна сума балів)	30-34	25-30	21-25	0-21

Таблиця 3.2

Загальне оцінювання знань студентів при вивченні курсу

Показники	Оцінка в балах			
	«5» Відмінно	«4» добре	«3» задовільно	«2» незадовільно
ПТК	42-48	35-41	29-34	0-28
ВІР	31-36	26-31	22-26	0-22
СРС	13-16	10-13	9-10	0-9
ЗСБ (загальна сума балів)	86-100	71-85	60-70	0-59

3.4. Завдання для самостійного виконання.

Задача 3.4.1. Алфавіт джерела налічує N_0 символів, які кодують рівномірним двійковим простим кодом. Згідно з варіантами, поданими в таблиці 3.3, визначити надмірність повідомлень, які надходять до каналу зв'язку з завадами з виходу кодера, де вони кодуються завадостійким кодом, якщо довжина коду на виході кодера n .

Таблиця 3.3

№ варіанта	Кількість повідомлень, N_0	Довжина коду, n
1	16	7
2	32	9
3	128	11
4	256	12
5	512	15

Задача 3.4.2. Згідно з варіантами, поданими в таблиці 3.4, визначити кодову відстань між двійковими комбінаціями А та В двійкового коду та записати всі комбінації, які знаходяться від комбінації А на кодовій відстані d .

Таблиця 3.4

№ варіанта	Кодові комбінації		Кодова відстань d
	А	В	
1	0101	1010	2
2	0111	0101	2
3	1000	1010	2
4	1100	0110	2
5	10101	10011	3
6	01010	01100	3
7	11011	10110	3
8	01100	11001	3
9	1010101	0101010	4
10	1100110	0110011	4
11	1110001	0111000	4
12	0011110	1111000	4
13	1111000	1100110	5
14	1011001	1110101	5
15	1001100	1110011	5
16	1000111	1111011	5
17	00011101	11100110	6
18	01010101	00011101	6
19	11001100	01100111	6
20	11110000	00110011	6

Задача 3.4.3. Згідно з варіантами, поданими в таблиці 3.5, побудувати всі комбінації n -елементного двійкового простого коду, які знаходяться від двійкової комбінації A на кодовій відстані d .

Таблиця 3.5

№ варіанта	Двійкова кодова комбінація, A	Довжина коду, n	Кодова відстань, d
1	0110	4	2
2	1010	4	2
3	0101	4	2
4	1100	4	2
5	101010	6	3
6	110011	6	3
7	111001	6	3
8	100111	6	3
9	1101001	7	4
10	1110011	7	4
11	1001101	7	4
12	1010111	7	4
13	01110001	8	5
14	11001100	8	5
15	11100010	8	5
16	10011100	8	5
17	111010	6	2
18	101110	6	1
19	101100	6	4
20	111100	6	3

Задача 3.4. Згідно з варіантами, поданими в таблиці 3.6, визначити мінімальну та максимальну кодові відстані Хеммінга d між комбінаціями A , B , C , D двійкового n -елементного простого коду.

Таблиця 3.6

№ варіанта	Двійкові кодові комбінації				Довжина коду, n
	A	B	C	D	
1	00011	11001	10110	11100	5
2	01010	11011	00111	11110	5
3	11001	01100	10110	00011	5
4	00110	00111	10111	01111	5
5	100011	100010	110001	111000	6
6	101110	110011	100111	011000	6
7	010011	011011	011100	011010	6
8	011100	110111	010011	111010	6
9	0010000	0110110	0111101	1110010	7
10	0111000	1010110	0011111	1101101	7

11	0101011	1100011	1011100	1010010	7
12	1100101	1101110	1011010	1101111	7
13	11100011	01111000	01101010	11110000	8
14	01110110	10010001	11000111	10101010	8
15	11010101	01101110	01010111	01010011	8
16	10110010	10110001	10111000	00110101	8
17	011110010	111100001	101010100	101000101	9
18	101010001	101110100	010101001	010110110	9
19	011011100	000111000	111101010	010111111	9
20	111000100	110111011	101001101	011100100	9

Задача 3.4.5. Побудувати оптимальний код згідно варіанту поданому в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7

№ варіанта	Розподіл ймовірностей появи літер алфавіту в повідомленні	Метод
1	$p=(1/4; 1/4; 1/8; 1/8; 1/16; 1/16; 1/16; 1/16)$	Шеннона-Фано
2	$p=(0.04; 0.06; 0.08; 0.1; 0.1; 0.12; 0.15; 0.15; 0.2)$	Хаффмена
3	$p=(1/2; 1/4; 1/8; 1/16; 1/32; 1/64)$	Шеннона-Фано
4	$p=(0.16; 0.2; 0.14; 0.4; 0.02; 0.03; 0.05)$	Шеннона-Фано
5	$p=(0.5; 0.15; 0.12; 0.1; 0.04; 0.04; 0.03; 0.02)$	Хаффмена
6	$p=(0.5; 0.25; 0.098; 0.052; 0.04; 0.03; 0.019; 0.011)$	Шеннона-Фано
7	$p=(0.06; 0.25; 0.1; 0.05; 0.2; 0.04; 0.3)$	Хаффмена
8	$p=(0.15; 0.35; 0.2; 0.03; 0.02; 0.05; 0.1; 0.04; 0.06)$	Шеннона-Фано
9	$p=(0.15; 0.1; 0.05; 0.25; 0.02; 0.03; 0.35)$	Шеннона-Фано
10	$p=(0.4; 0.18; 0.1; 0.1; 0.07; 0.06; 0.05; 0.04)$	Хаффмена
11	$p=(0.18; 0.18; 0.18; 0.18; 0.1; 0.09; 0.09)$	Шеннона-Фано
12	$p=(0.4; 0.22; 0.16; 0.12; 0.08; 0.02)$	Хаффмена
13	$p=(0.06; 0.15; 0.07; 0.05; 0.3; 0.18; 0.04)$	Шеннона-Фано
14	$p=(0.19; 0.19; 0.19; 0.19; 0.08; 0.08; 0.08)$	Шеннона-Фано
15	$p=(0.4; 0.18; 0.1; 0.1; 0.07; 0.06; 0.05; 0.04)$	Шеннона-Фано
16	$p=(0.24; 0.18; 0.38; 0.1; 0.06; 0.02; 0.02)$	Хаффмена
17	$p=(0.02; 0.5; 0.03; 0.15; 0.04; 0.12; 0.04; 0.1)$	Шеннона-Фано
18	$p=(0.06; 0.15; 0.07; 0.05; 0.3; 0.18; 0.04)$	Шеннона-Фано
19	$p=(0.02; 0.5; 0.03; 0.15; 0.04; 0.12; 0.04; 0.1)$	Хаффмена
20	$p=(0.6; 0.08; 0.07; 0.06; 0.05; 0.05; 0.05; 0.04)$	Хаффмена

Задача 3.4.6. Побудувати твірну матрицю двійкового систематичного (групового) коду, який має, N_0 дозволених кодових комбінацій та здатен виправляти всі однократні помилки (згідно з варіантом таблиці 3.8). Навести приклад кодування за допомогою твірної матриці

Таблиця 3.8

№ варіанта	Кількість дозволених комбінацій ;N ₀
1	8
2	16
3	32
4	64
5	128

Задача 3.4.7. Визначити, які з наведених комбінацій двійкового групового (7,4) - коду (згідно з варіантом таблиці 3.9), містять помилку, якщо відомо, що код побудований за твірною матрицею:

$$G_{7,4} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Таблиця 3.9

№ варіанта	Комбінації двійкового групового коду
1	1000011, 1100011, 0000101
2	1100110, 1001010, 1111110
3	0001111, 0000111, 0000011
4	0100101, 0101101, 0000101
5	1010101, 1001000, 1110111
6	1001100, 1001101, 0100011
7	0110011, 1011001, 1100011
8	0101010, 0000111, 0000011
9	0011001, 1011001, 1111100
10	1110000, 1110100, 0111000
11	0111100, 1101010, 0101101
12	1011010, 1011110, 0011111
13	1101001, 1100011, 0110110
14	1111111, 1001111, 0100100
15	1000011, 1000111, 0000100
16	0100101, 0101101, 0000011
17	0010110, 1100011, 0101101
18	0001111, 1001011, 1001101
19	1100110, 1011011, 0000111
20	1101001, 0101001, 1010011

Задача 3.4.8. Визначити, які з комбінацій двійкового групового (7,4)-коду містять помилку (згідно з варіантом таблиці 3.10), якщо відомо, що перевірна матриця коду має вигляд:

$$H_{7,3} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Таблиця 3.10

№ варіанта	Комбінації двійкового групового коду
1	1110000, 1110100, 0111000
2	0111100, 1101010, 0101101
3	1011010, 1011110, 0011111
4	1101001, 1100011, 0110110
5	1111111, 1001111, 0100100
6	1000011, 1000111, 0000100
7	1000011, 1000111, 0000100
8	0100101, 0101101, 0000011
9	0010110, 1100011, 0101101
10	0001111, 1001011, 1001101
11	1100110, 1011011, 0000111
12	1101001, 0101001, 1010011
13	1000011, 1100011, 0000101
14	1100110, 1001010, 1111110
15	0001111, 0000111, 0000011
16	0100101, 0101101, 0000101
17	1010101, 1001000, 1110111
18	1001100, 1001101, 0100011
19	0101010, 0000111, 0000011
20	1000011, 1000111, 0000100

Задача 3.4.9. Побудувати перевірку матрицю традиційного двійкового коду Хеммінга з заданими d_{\min} та k (згідно з варіантом таблиці 3.11). За допомогою одержаної матриці закодувати кодом Хеммінга комбінації двійкового простого коду A_1 та A_2 .

Показати на прикладі виправлення будь-якої однократної помилки (для коду з $d_{\min} = 3$) або виявлення будь-якої трикратної помилки (для коду з $d_{\min} = 4$) в отриманих кодових комбінаціях коду Хеммінга

Таблиця 3.11

№ варіанта	d_{\min}	k	A_1	A_2
1	3	4	0011	1010
2	3	5	11001	00110
3	3	7	0101010	1110000
4	3	11	01110001010	00011100011
5	3	12	001100110010	111000111000
6	3	14	00010001000100	10010010010010

7	4	4	1110	0011
8	4	7	0100101	1110001
9	4	11	01110111000	11001100111
10	4	15	100011100101011	010100010100001
11	4	4	1110	0110
12	4	5	01010	11100
13	4	7	0100111	0101011
14	4	11	01001111011	01101011010
15	4	12	101110011011	100001110110
16	3	14	10010111010001	01110010011101
17	3	15	111000110010110	011001010011100
18	3	7	0111000	0001101
19	3	5	01110	01100
20	3	4	0001	0111

Задача 3.4.10. Закодувати комбінації двійкового простого коду A_1 та A_2 довжиною k (згідно з варіантом таблиці 3.12) двійковим кодом з багатократним повторенням, здатним виправляти помилки кратності s . Показати процес виправлення помилок.

Таблиця 3.12

№ варіанта	k	s	A_1	A_2
1	3	2	001	100
2	3	1	100	010
3	3	2	010	011
4	4	1	1100	0110
5	4	2	0011	1001
6	4	1	0100	1010
7	5	2	11100	10101
8	5	1	11001	11010
9	5	2	01010	01110
10	6	1	001000	110010
11	6	2	111011	111000
12	6	1	010010	101101
13	7	2	0100101	1100110
14	7	1	0111011	1011011
15	7	2	0110110	1110111
16	7	1	0101100	1011010
17	8	2	10001110	11100001
18	8	1	10110110	01011100
19	8	2	11001100	00111000
20	8	1	10011010	10101110

Задача 3.4.11. Закодувати двійковим циклічним кодом $d_{\min}=3$, що виправляє однократні помилки, комбінацію двійкового простого коду $Q(x)$ довжиною k

інформаційних елементів згідно варіанту (табл. 3.13). Показати процес виправлення будь-якої однократної помилки і визначити надмірність коду.

Таблиця 3.13

№ варіанта	k	Поліном комбінації двійкового простого коду Q(x)
1	4	$x^2 \oplus x \oplus 1$
2	4	$x^3 \oplus x^2 \oplus 1$
3	5	$x^4 \oplus x^2 \oplus x$
4	5	$x^4 \oplus x^3 \oplus x \oplus 1$
5	6	$x^5 \oplus x^2 \oplus 1$
6	7	$x^6 \oplus x \oplus 1$
7	7	$x^6 \oplus x^5 \oplus x^2 \oplus x$
8	5	$x^4 \oplus x^2 \oplus 1$
9	8	$x^7 \oplus x^6 \oplus x^4 \oplus x$
10	9	$x^7 \oplus x^5 \oplus x^3 \oplus 1$
11	10	$x^9 \oplus x^6 \oplus x^2 \oplus x \oplus 1$
12	11	$x^{10} \oplus x^9 \oplus x^8 \oplus x^4 \oplus x$
13	5	$x^4 \oplus x^3 \oplus 1$
14	12	$x^{11} \oplus x^{10} \oplus x^7 \oplus x^6 \oplus x^3 \oplus 1$
15	6	$x^5 \oplus x^4 \oplus x^2 \oplus x$
16	14	$x^{13} \oplus x^{12} \oplus x^{10} \oplus x^9 \oplus x^3 \oplus x^2$
17	6	$x^5 \oplus 1$
18	7	$x^6 \oplus x^4 \oplus x^2 \oplus x \oplus 1$
19	12	$x^{11} \oplus x^{10} \oplus x^8 \oplus x^6 \oplus x^2 \oplus 1$
20	14	$x^{13} \oplus x^{11} \oplus x^7 \oplus x^9 \oplus x^3 \oplus x^2$

Задача 3.4.12. Закодувати двійковим циклічним кодом, що виявляє трикратні помилки ($d_{\min}=4$), кодову комбінацію двійкового простого коду Q(x) довжиною k інформаційних елементів згідно з варіантом, поданим в таблиці 3.14. Показати процес виявлення будь-якої трикратної помилки.

Таблиця 3.14

№ варіанта	k	Поліном комбінації двійкового простого коду Q(x)
1	4	$x^2 \oplus x \oplus 1$
2	9	$x^8 \oplus x^5 \oplus x^2 \oplus 1$
3	5	$x^4 \oplus x^2 \oplus x$
4	5	$x^4 \oplus x^3 \oplus 1$
5	6	$x^5 \oplus x^4 \oplus x^2 \oplus 1$
6	7	$x^6 \oplus x^4 \oplus x \oplus 1$
7	10	$x^9 \oplus x^7 \oplus x^5 \oplus x^2 \oplus 1$

8	8	$x^7 \oplus x^6 \oplus x^3 \oplus x$
9	6	$x^5 \oplus x^3 \oplus 1$
10	9	$x^8 \oplus x^3 \oplus x \oplus 1$
11	12	$x^{11} \oplus x^8 \oplus x^7 \oplus x^3 \oplus x^2$
12	10	$x^9 \oplus x^6 \oplus x^2 \oplus x \oplus 1$
13	11	$x^{10} \oplus x^9 \oplus x^5 \oplus x^2 \oplus 1$
14	8	$x^7 \oplus x^5 \oplus 1$
15	6	$x^5 \oplus x^4 \oplus x \oplus 1$
16	9	$x^8 \oplus x^7 \oplus x^5 \oplus x^3 \oplus x^2$
17	14	$x^{13} \oplus x^{11} \oplus x^{10} \oplus x^7 \oplus x^3 \oplus x$
18	10	$x^9 \oplus x^6 \oplus x^2 \oplus x \oplus 1$
19	12	$x^{11} \oplus x^9 \oplus x^7 \oplus x^3 \oplus x^2 \oplus 1$
20	6	$x^5 \oplus x^3 \oplus x$

Задача 3.4.13. Побудувати твірну матрицю двійкового циклічного коду з мінімальною кодовою відстанню $d_{\min}=3$ (здатного виправляти однократні помилки), твірний поліном $P(x)$ якого та довжина n вибираються згідно з варіантом, поданим в таблиці 3.15.

Таблиця 3.15

№ варіанта	Довжина коду n	Твірний поліном циклічного коду $P(x)$
1	7	$x^3 \oplus x^2 \oplus 1$
2	7	$x^3 \oplus 1$
3	9	$x^4 \oplus x \oplus 1$
4	18	$x^6 \oplus x^4 \oplus 1$
5	15	$x^4 \oplus x^3 \oplus 1$
6	7	$x^3 \oplus x \oplus 1$
7	16	$x^5 \oplus x^2 \oplus 1$
8	7	$x^3 \oplus x^2 \oplus x \oplus 1$
9	16	$x^5 \oplus 1$
10	16	$x^5 \oplus x^4 \oplus 1$
11	9	$x^4 \oplus 1$
12	16	$x^5 \oplus x^3 \oplus 1$
13	9	$x^4 \oplus x \oplus 1$
14	17	$x^5 \oplus x^3 \oplus x^2 \oplus x \oplus 1$
15	16	$x^5 \oplus x \oplus 1$
16	9	$x^4 \oplus x^2 \oplus 1$
17	9	$x^4 \oplus x^2 \oplus x \oplus 1$

18	18	$x^6 \oplus x^3 \oplus 1$
19	10	$x^4 \oplus x \oplus 1$
20	12	$x^4 \oplus x^3 \oplus 1$

Задача 3.4.14. Побудувати перевірочну матрицю двійкового циклічного коду з мінімальною кодовою відстанню $d_{\min}=3$ (здатного виправляти однократні помилки), твірний поліном $P(x)$ якого та довжина n вибираються згідно з варіантом, поданим в таблиці 3.16.

Таблиця 3.16

№ варіанта	Довжина коду n	Твірний поліном циклічного коду $P(x)$
1	2	3
1	7	$x^3 \oplus x \oplus 1$
2	10	$x^4 \oplus x \oplus 1$
3	16	$x^5 \oplus x^2 \oplus 1$
4	7	$x^3 \oplus x^2 \oplus 1$
5	12	$x^4 \oplus x^3 \oplus 1$
6	9	$x^4 \oplus x^2 \oplus x \oplus 1$
7	18	$x^5 \oplus x^3 \oplus 1$
8	7	$x^3 \oplus 1$

3.5. Контрольні питання:

1. Що таке код? Що таке кодова комбінація?
2. Яка різниця між двійковими та недвійковими кодами?
3. Чим відрізняються рівномірні коди від нерівномірних?
4. Яка різниця між подільними та неподільними блоковими кодами?
5. Яка особливість побудови систематичних подільних блокових кодів?
6. Якими параметрами характеризуються коди?
7. Що таке кодова відстань і що характеризує мінімальна кодова відстань коду?
8. Які способи використовуються для подання кодів?
9. На що спрямовані основні теореми кодування для каналу зв'язку?
10. Що таке оптимальне кодування?
11. На чому ґрунтується перша універсальна методика побудови ОНК?
12. На чому ґрунтується друга універсальна методика побудови ОНК?
13. Чим різняться ОНК Шеннона — Фано та Хаффмена?
14. Що таке коректувальна здатність коду?
15. Що таке кодовий синдром і як він визначається?
16. Як визначається склад перевірних елементів у двійковому коді Хеммінга?
17. Які коди належать до циклічних?
18. Як вибирається твірний поліном у двійкових циклічних кодах?
19. Які є методи побудови двійкових циклічних кодів?
20. Як виявляються та виправляються помилки в двійкових циклічних кодах?

Курс «ТЕОРІЯ ІНФОРМАЦІЇ» складається з трьох розділів.

Самостійна робота студента передбачає виконання по одному завданню з кожного розділу. Звіти з самостійної роботи захищаються студентом у формі тесту.

Тест з виконаної самостійної роботи складається з запитань, які формуються з тих, що вказані у відповідній самостійній роботі. Порядок проведення тесту та заповнення тестового листа наведено в додатку А.

Критерії оцінювання тестових запитань в тесті з самостійної роботи:

- Неправильна відповідь – 0 балів;
- Вірна відповідь – 1 бал.

Критерії оцінювання самостійної роботи:

- Невиконана самостійна робота – 0 балів;
- Виконана, але незахищена самостійна робота – 1 бал;
- Виконана самостійна робота на захисті якої студент дав 3 вірні відповіді – 2 бала;
- Виконана самостійна робота на захисті якої студент дав 4 вірні відповіді – 3 бала;
- Виконана самостійна робота на захисті якої студент дав 5 вірних відповідей – 4 бала;
- При оформленні звіту з самостійної роботи на ЕОМ додається 1 бал;
- За складність самостійної роботи з розділу 3 додається 1 бал.

Загальна сума балів (ЗСБ), яку студент може набрати протягом вивчення самостійних робіт з курсу – 16 (розділ 1 – 5 балів, розділ 2 – 5 балів, розділ 3 – 6 балів). Оцінки в балах по розділам вказані в табл.1 та 2, а по курсу в цілому в табл.3.

Таблиця 1

Оцінювання знань при виконанні самостійної роботи з розділу 1 та 2

Показники	Оцінка в балах					
	Зараховано					Не зараховано
	«5» відмінно	«4» добре		«3» задовільно		«2» незадовільно
	A	B	C	D	E	FX
СРС	5–4	4	4	4–3	3	3–0

Таблиця 2

Оцінювання знань при виконанні самостійної роботи з розділу 3

Показники	Оцінка в балах					
	Зараховано					Не зараховано
	«5» відмінно	«4» добре		«3» задовільно		«2» незадовільно
	A	B	C	D	E	FX
СРС	6–5	5	5–4	4	4–3	3–0

При однаковій кількості балів за 100 бальною шкалою більш висока оцінка відповідно до шкали ECTS ставиться студенту, що виконав та звіт з СРС на ЕОМ.

Таблиця 3

Оцінювання знань при виконанні самостійної роботи з курсу

Показники	Оцінка в балах					
	Зараховано					Не зараховано
	«5» відмінно	«4» добре		«3» задовільно		«2» незадовільно
	A	B	C	D	E	FX
СРС	16–15	14–13	13–12	12–11	11–10	10–0

Студент вважається атестованим з СРС з модуля, якщо він набрав кількість балів (СРС), що відповідає вказаній в табл.1–2 в стовбцях «відмінно», «добре» або «задовільно». Студент вважається не атестованим з СРС з модуля з можливістю перездачі, якщо він набрав кількість балів (СРС), що відповідає вказаній в табл.1–2 в стовбці «незадовільно» – FX.

Студент вважається атестованим з СРС з курсу, якщо він набрав кількість балів (СРС), що відповідає вказаній в табл.3 в стовбцях «відмінно», «добре» або «задовільно». Студент вважається не атестованим з СРС з курсу з можливістю перездачі, якщо він набрав кількість балів (СРС), що відповідає вказаній в табл.3 в стовбці «незадовільно» – FX.

ЗМІСТ ЗВІТУ З САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

До звіту з СРС з відповідного розділу входить: Титульна сторінка– 1 сторінка; вступ – 1 сторінка; виконання завдання; висновки; список використаних джерел – 1 сторінка; зміст – 1 сторінка.

ЛІТЕРАТУРА

1. Заполовський М. Й. Теорія інформації та кодування / М. Й. Заполовський, М. В. Мезенцев: навчально-методичний посібник до практичних занять. – Харків : НТУ «ХПІ», 2024. – 109 с.
2. Івашко А.В., Крилова В.А. Теорія інформації та кодування прикладах і задачах, НТУ «ХПІ» Харків, - Факт, 2022. – 317 с.
3. Курко А. М. Введення в теорію інформації: Посібник до вивчення дисципліни «Теорія інформації» / А. М. Курко, В. Я. Решетняк. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, 2017 – 108 с.
4. Теорія інформації та обробка сигналів-1: конспект лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 171 «Електроніка», освітньої програми «Електронні компоненти і системи» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Ю.С. Ямненко, К. С. Клен.– Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 120 с.
5. Іващенко П.В. Основи теорії інформації: навч. посіб. Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2015. – 53 с. Режим доступу:
6. Майданюк В. П. Кодування та захист інформації. Навчальний посібник. - Вінниця: ВНТУ, 2009. - 164 с.
7. Жураковський Ю. П. Теорія інформації та кодування: К. : Вища школа, 2001.– 255 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Порядок проведення тестового контролю з самостійної роботи

На тестовий контроль з самостійної роботи відводиться 9 хвилин часу з розрахунку 1 хвилина на питання та 4 хвилини на оформлення та здачу тестового листа.

При проведенні тестового контролю з самостійної роботи студент отримує варіант тесту, що складається з 5 запитань, в кожному з яких міститься 5 варіантів відповіді (А, Б, В, Г, Д). Стовпчик Е в даних тестах не використовується.

Заповнення тестового листа ведеться ручкою з синім або чорним кольором пасти.

Перед тим, як дати відповіді на тестові запитання студент заповнює титульну частину тестового листа, а саме: в рядку **П** вказує своє прізвище; в рядку **І** вказує своє ім'я; в рядку **Б** вказує своє по-батькові; в рядку **Група** вказує шифр своєї групи; в рядку **Варіант завдання**, вказує номер варіанта завдання, що отримав; в рядку **Самостійна робота** вказує номер самостійної роботи, з якої складається тест.

Після цього студент дає відповіді на тестові запитання закреслюючи відповідну літеру навпроти відповідного номера запитання. В одному рядку повинна бути закресленою тільки одна літера (А, Б, В, Г, або Д).

Якщо в одному рядку закреслено більше однієї літери, то кількість балів за відповідне запитання – 0.

Приклад. Якщо студент вважає, що на **3** запитання вірною є відповідь з літерою **В**, то він у рядку 3 тестового листа закреслює літеру В поставивши позначку \surd , \times або \blacksquare .

Титульний лист звіту з самостійної роботи

Міністерство освіти та науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Кафедра «АВП»

САМОСТІЙНА РОБОТА

з курсу «ТЕОРІЯ ІНФОРМАЦІЇ»
Модуль № ____ Варіант № ____

Розробив: студент гр. шифр групи
прізвище, ім'я, по-батькові студента
Перевірив: вчений ступінь та звання
прізвище, ім'я, по-батькові викладача

Кропивницький ____

ДОДАТОК В

Таблиця логарифмів

p	$-p \log_2 p$	p	$-p \log_2 p$	p	$-p \log_2 p$
0.00	-	0.35	0.5301	0.70	0.3602
0.01	0.0664	0.36	0.5306	0.71	0.3508
0.02	0.1129	0.37	0.5307	0.72	0.3412
0.03	0.1517	0.38	0.5304	0.73	0.3314
0.04	0.1857	0.39	0.5298	0.74	0.3215
0.05	0.2161	0.40	0.5288	0.75	0.3113
0.06	0.2435	0.41	0.5274	0.76	0.3009
0.07	0.2686	0.42	0.5256	0.77	0.2903
0.08	0.2915	0.43	0.5236	0.78	0.2796
0.09	0.3127	0.44	0.5211	0.79	0.2687
0.10	0.3322	0.45	0.5184	0.80	0.2575
0.11	0.3503	0.46	0.5153	0.81	0.2462
0.12	0.3671	0.47	0.5120	0.82	0.2348
0.13	0.3826	0.48	0.5083	0.83	0.2231
0.14	0.3971	0.49	0.5043	0.84	0.2113
0.15	0.4105	0.50	0.5000	0.85	0.1993
0.16	0.4230	0.51	0.4954	0.86	0.1871
0.17	0.4346	0.52	0.4906	0.87	0.1748
0.18	0.4453	0.53	0.4854	0.88	0.1623
0.19	0.4552	0.54	0.4800	0.89	0.1496
0.20	0.4644	0.55	0.4744	0.90	0.1368
0.21	0.4728	0.56	0.4684	0.91	0.1238
0.22	0.4806	0.57	0.4623	0.92	0.1107
0.23	0.4877	0.58	0.4558	0.93	0.0974
0.24	0.4941	0.59	0.4491	0.94	0.0839
0.25	0.5000	0.60	0.4422	0.95	0.0703
0.26	0.5053	0.61	0.4350	0.96	0.0565
0.27	0.5100	0.62	0.4276	0.97	0.0426
0.28	0.5142	0.63	0.4199	0.98	0.0286
0.29	0.5179	0.64	0.4121	0.99	0.0140
0.30	0.5211	0.65	0.4040		
0.31	0.5238	0.66	0.3957		
0.32	0.5260	0.67	0.3871		
0.33	0.5278	0.68	0.3784		
0.34	0.5292	0.69	0.3694		

Додаток Б

Таблиця Б.1

Співвідношення між n, k, r для коду Хеммінга

n	k	r	n	k	r
1	0	1	9	5	4
2	0	2	10	6	4
3	1	2	11	7	4
4	1	3	12	8	4
5	2	3	13	9	4
6	3	3	14	10	4
7	4	3	15	11	4
8	4	4	16	11	5

Таблиця Б.2

Загальна таблиця перевірок

№ перевірки	Перевірочні позиції	№ контрольного символу
1	1, 3, 5, 7, 9, 11...	1
2	2, 3, 6, 7, 12, 13, 14, 15, 20, 21, 22, 23, 27, 30,	2
3	31...	3
4	4, 5, 6, 7, 12, 13, 14, 15, 20, 21, 22, 23, 28, 29, 30, 31.. 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46...	4

Зауваження: n – довжина кодового слова; k - число інформаційних символів; r - число коректуючих символів; s – число символів, які виправляються.

Додаток В

Твірні поліноми циклічних кодів

Кількість перевірочних елементів r	Твірний поліном $P(x)$	Двійковий запис полінома
3	$x^3 \oplus x \oplus 1$	1011
3	$x^3 \oplus x^2 \oplus 1$	1101
4	$x^4 \oplus x \oplus 1$	10011
4	$x^4 \oplus x^3 \oplus 1$	11001
5	$x^5 \oplus x^2 \oplus 1$	100101
5	$x^5 \oplus x^3 \oplus 1$	101001
5	$x^5 \oplus x^3 \oplus x^2 \oplus x \oplus 1$	101111
5	$x^5 \oplus x^4 \oplus x^2 \oplus x \oplus 1$	110111
6	$x^6 \oplus x^5 \oplus x^4 \oplus 1$	1110001
8	$x^8 \oplus x^7 \oplus x^6 \oplus x^5 \oplus x^2 \oplus x \oplus 1$	111100111
9	$x^9 \oplus x^5 \oplus x^3 \oplus 1$	1000101001

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1.....	4
РОЗДІЛ 2	14
РОЗДІЛ 3	20
ЗМІСТ ЗВІТУ З САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ.....	35
ЛІТЕРАТУРА	36
ДОДАТКИ.....	37

Навчально-методичне видання
ТЕОРІЯ ІНФОРМАЦІЇ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання самостійної роботи

для студентів спеціальності

G7 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

Укладачі: Березюк Ірина Анатоліївна, Дідик Олександр Костянтинович,
Пархоменко Юрій Михайлович
