

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ
им. проф. М. А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»**

С. С. Владимиров

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
ТЕОРИИ СЕТЕЙ СВЯЗИ
И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ**

Лабораторные работы и практикум

СПб ГУТ)))

**Санкт-Петербург
2017**

УДК XXXXX
ББК XXXXX
Х ХХ

Рецензенты
заведующий кафедрой ОПДС, профессор,
доктор технических наук *О. С. Когновицкий*

*Утверждено редакционно-издательским советом СПбГУТ
в качестве учебного пособия*

Владимиров, С. С.

Х ХХ Математические методы теории сетей связи и передачи данных : лабораторные работы и практикум / С. С. Владимиров ; СПбГУТ. — СПб, 2017. — 10 с.

Учебно-методическое пособие призвано ознакомить студентов старших курсов с математическими основами теории помехоустойчивого кодирования. Представленный материал служит справочным и методическим пособием при выполнении курса практических работ по дисциплине «Математические методы теории сетей связи и передачи данных».

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи».

**УДК XXXXX
ББК XXXXX**

- © Владимиров С. С., 2017
- © Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича», 2017

Содержание

Практическая работа 1. Поля Галуа $GF(2^m)$	4
1.1. Цель работы	4
1.2. Порядок выполнения задания	4
1.3. Порядок защиты практической работы	7
Практическая работа 2. Разложение полинома $x^n - 1$ на множители.	
Определение порождающего полинома циклического кода БЧХ	8
2.1. Цель работы	8
2.2. Порядок выполнения задания	8
2.3. Порядок защиты практической работы	8

Практическая работа 1

Поля Галуа $GF(2^m)$

1.1. Цель работы

Рассмотреть на примере и получить навыки в решении задач по теме «Конечные поля Галуа» в части, относящейся в вопросам помехоустойчивого кодирования.

1.2. Порядок выполнения задания

Задание выполняется каждым учащимся индивидуально.

Все расчеты должны быть расписаны максимально подробно.

1.2.1.

Для заданного полинома $p_1(x)$ показать, что он не является неприводимым. Для этого проверить значение

$$x^{2^m-1} \pmod{p(x)}.$$

Полином $p_1(x)$ выбирается из табл. 1.1 по номеру в журнале.

Таблица 1.1

Полином $p_1(x)$. Выбирается по номеру в журнале

Цифра номера	Полином	Цифра номера	Полином
1, 11, 21	$x^4 + x^2 + x + 1$	2, 12, 22	$x^4 + x^3 + x + 1$
3, 13, 23	$x^4 + x^3 + x^2 + 1$	4, 14, 24	$x^5 + x + 1$
5, 15, 25	$x^5 + x^2 + x + 1$	6, 16, 26	$x^5 + x^3 + x + 1$
7, 17, 27	$x^5 + x^3 + x^2 + 1$	8, 18, 28	$x^5 + x^4 + x + 1$
9, 19, 29	$x^5 + x^4 + x^2 + 1$	10, 20, 30	$x^5 + x^4 + x^3 + 1$

1.2.2.

Для заданного образующего полинома $p_2(x)$ построить конечное поле Галуа. Полином $p_2(x)$ выбирается из табл. 1.2 по номеру в журнале. Полученные элементы записать в табл. 1.3.

Таблица 1.2

Полином $p_2(x)$. Выбирается по номеру в журнале

Цифра номера	Полином
1, 5, 9, 13, 17, 21, 25, 29	$x^5 + x^3 + x^2 + x + 1$
2, 6, 10, 14, 18, 22, 26, 30	$x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$

Полином $p_2(x)$. Выбирается по номеру в журнале

Цифра номера	Полином
3, 7, 11, 15, 19, 23, 27	$x^5 + x^4 + x^3 + x + 1$
4, 8, 12, 16, 20, 24, 28	$x^5 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$

Таблица 1.3

Таблица для записи элементов поля

Степенная форма	Полином	Вектор [$a_0 a_1 a_2 a_3 a_4$]	Десятичная форма
...

1.2.3.

Для заданного образующего полинома $p_2(x)$ построить генератор конечного поля Галуа. Полином $p_2(x)$ выбирается из табл. 1.2 по номеру в журнале. Продемонстрировать работу генератора, вычислив первые 12 элементов поля.

1.2.4.

Для заданного поля Галуа (см. табл. 1.4) осуществить расчет по заданной формуле. Формула берется из табл. 1.5. Номер формулы соответствует предпоследней цифре зачетной книжки. Значения переменных берутся из табл. 1.6 по последней цифре номера зачетной книжки.

Таблица 1.4

Поле Галуа $GF(2^4)$. $p(x) = x^4 + x + 1$.

Элемент поля	Полином	Двоичный вид [$a_0 a_1 a_2 a_3$]	Десятичный вид
$\epsilon^0 = 1$	1	1000	1
ϵ	x	0100	2
ϵ^2	x^2	0010	4
ϵ^3	x^3	0001	8
ϵ^4	$1 + x$	1100	3
ϵ^5	$x + x^2$	0110	6
ϵ^6	$x^2 + x^3$	0011	12
ϵ^7	$1 + x + x^3$	1101	11
ϵ^8	$1 + x^2$	1010	5
ϵ^9	$x + x^3$	0101	10
ϵ^{10}	$1 + x + x^2$	1110	7
ϵ^{11}	$x + x^2 + x^3$	0111	14
ϵ^{12}	$1 + x + x^2 + x^3$	1111	15

Продолжение табл. 1.4

Поле Галуа $GF(2^4)$. $p(x) = x^4 + x + 1$.

Элемент поля	Полином	Двоичный вид [$a_0 a_1 a_2 a_3$]	Десятичный вид
ϵ^{13}	$1 + x^2 + x^3$	1011	13
ϵ^{14}	$1 + x^3$	1001	9

Таблица 1.5

Формула для расчета. По предпоследней цифре номера зачетной книжки

Цифра	Формула	Цифра	Формула
1	$\frac{a+b}{c} + ad^e$	6	$\frac{ab}{a+c} + d^e$
2	$ab + \frac{b+c}{d^e}$	7	$(a+c)b^e + \frac{d}{c}$
3	$\frac{ad}{b+c} + a^e$	8	$(a^e + b)c + \frac{d}{a}$
4	$(a+b)c + \frac{d^e}{a}$	9	$\frac{a}{c} + (b+c^e)d$
5	$\frac{a^e}{b+c} + cd$	0	$\frac{a+d^e}{bc} + c$

Таблица 1.6

Переменные для расчета. По последней цифре номера зачетной книжки

	Последняя цифра номера									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
a	ϵ^{12}	ϵ^{11}	ϵ^{10}	ϵ^9	ϵ^8	ϵ^7	ϵ^6	ϵ^5	ϵ^4	ϵ^3
b	ϵ^2	ϵ^3	ϵ^4	ϵ^5	ϵ^7	ϵ^6	ϵ^8	ϵ^9	ϵ^{10}	ϵ^{11}
c	ϵ^{14}	ϵ^{12}	ϵ^{11}	ϵ^8	ϵ^6	ϵ^4	ϵ^2	ϵ^{13}	ϵ^{11}	ϵ^9
d	ϵ^3	ϵ^5	ϵ^7	ϵ^{11}	ϵ^9	ϵ^{13}	ϵ^{12}	ϵ^{10}	ϵ^8	ϵ^6
e	2	3	4	5	6	2	3	4	5	6

1.2.5.

Для заданного поля Галуа (см. табл. 1.4) и элементов поля a и b найти характеристическую матрицу F_b и осуществить умножение элемента a на элемент b , используя матрицу F_b . Значения элементов a и b выбираются из табл. 1.7 по предпоследней и последней цифрам номера зачетной книжки соответственно.

Таблица 1.7

Переменные для умножения по характеристической матрице

		Предпоследняя цифра номера									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
a		ε^{12}	ε^{11}	ε^{10}	ε^9	ε^8	ε^7	ε^6	ε^5	ε^4	ε^3
		Последняя цифра номера									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
b		ε^2	ε^3	ε^4	ε^5	ε^7	ε^6	ε^8	ε^9	ε^{10}	ε^{11}

1.3. Порядок защиты практической работы

Защита работы может осуществляться одним из нижеперечисленных способов или их сочетанием на усмотрение преподавателя.

1. Устный ответ по теме работы.
2. Тестирование по теме работы.
3. Задача по теме работы.
4. Иные варианты на усмотрение преподавателя.

Практическая работа 2

Разложение полинома $x^n - 1$ на множители. Определение порождающего полинома циклического кода БЧХ

2.1. Цель работы

Рассмотреть на примере и получить навыки в разложении полинома $x^n - 1$ на неприводимые множители. Научиться определять порождающий полином циклического кода Боуза-Чоудхури-Хоквингема с заданной исправляющей способностью.

2.2. Порядок выполнения задания

Задание выполняется каждым учащимся индивидуально.

Все расчеты должны быть расписаны максимально подробно.

2.2.1. Разложение полинома $x^n - 1$ на неприводимые множители

Поскольку речь в работе будет идти о полиноме над двоичным полем Галуа в дальнейшем будем вместо знака « $-$ » использовать « $+$ ».

1. Разложить на неприводимые множители полином $x^{15} + 1$. Полином рассматривать над полем $GF(2^m)$, где $m = 4$. Порождающий полином поля $p(x) = x^4 + x + 1$. Элементы поля представлены в табл. 1.4.

2. Показать вычислениями, что полиномы $x^5 + 1$ и $x^3 + 1$ являются делителями полинома $x^{15} + 1$.

2.2.2. Вычисление порождающего полинома кода БЧХ с заданной исправляющей способностью

Вычислить порождающий полином $g(x)$ (n, k) -кода БЧХ над полем $GF(2^m)$, где $m = 4$. Порождающий полином поля $p(x) = x^4 + x + 1$. Элементы поля представлены в табл. 1.4. Код должен гарантированно исправлять три ошибки ($t = 3$).

2.3. Порядок защиты практической работы

Защита работы может осуществляться одним из нижеперечисленных способов или их сочетанием на усмотрение преподавателя.

1. Устный ответ по теме работы.
2. Тестирование по теме работы.
3. Задача по теме работы.
4. Иные варианты на усмотрение преподавателя.

Список литературы

- [1] Вернер М. Основы кодирования. Учебник для ВУЗов. Мир программирования. М. : Техносфера, 2006. 288 с. ISBN: 5-94836-019-9.
- [2] Морелос-Сарагоса Р. Искусство помехоустойчивого кодирования. Методы, алгоритмы, применение. Мир связи. М. : Техносфера, 2005. 320 с. ISBN: 5-94836-035-0.

Владимиров Сергей Сергеевич

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ТЕОРИИ СЕТЕЙ СВЯЗИ И ПЕРЕДАЧИ
ДАННЫХ**

Лабораторные работы и практикум

Издано в авторской редакции

План изданий 201X–201X гг., доп. п. XXX

Подписано к печати XX.XX.XXXX
Объем X,XX усл.-печ. л. Тираж XXX экз. Заказ XXX

Редакционно-издательский отдел СПбГУТ
191186 СПб., наб. р. Мойки, 61
Отпечатано в СПбГУТ