

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА»  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

**В. Д. Еленев, М. Ю. Гоголев.**

## **АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ ЯЗЫКИ И ТЕХНОЛОГИИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ НА ЯЗЫКАХ ВЫСОКОГО УРОВНЯ**

### **ЭЛЕКТРОННЫЙ КУРС ЛЕКЦИЙ**

Рекомендовано для студентов высших учебных заведений,  
обучающихся по направлению 160400.68 «Ракетные комплексы и  
космонавтика» магистерская программа «Проектирование и  
конструирование космических мониторинговых и транспортных  
систем».

**С А М А Р А**

**2010**

УДК 629.7.017.1 (075)

Авторы: Еленев Валерий Дмитриевич,  
Гоголев Михаил Юрьевич.

Рекомендовано для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению  
160400.68 «Ракетные комплексы и космонавтика» магистерская программа  
«Проектирование и конструирование космических мониторинговых и транспортных  
систем».

Разработано на кафедре летательных аппаратов СГАУ.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>5</b>
<b>1 СТРУКТУРЫ ДАННЫХ И АЛГОРИТМЫ .....</b>	<b>6</b>
1.1 ПОНЯТИЕ СТРУКТУР ДАННЫХ И АЛГОРИТМОВ.....	6
1.2 ИНФОРМАЦИЯ И ЕЁ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ В ПАМЯТИ .....	8
1.2.1 Природа информации.....	8
1.2.2. Хранение информации.....	8
1.3 СИСТЕМЫ СЧИСЛЕНИЯ .....	10
1.3.1. Непозиционные системы счисления .....	10
1.3.2 Позиционные системы счисления .....	10
1.3.3 Изображение чисел в позиционной системе счисления .....	11
1.3.4 Перевод чисел из одной системы счисления в другую.....	11
1.4 КЛАССИФИКАЦИЯ СТРУКТУР ДАННЫХ.....	12
1.5 ОПЕРАЦИИ НАД СТРУКТУРАМИ ДАННЫХ .....	15
1.6 СТРУКТУРНОСТЬ ДАННЫХ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ.....	16
<b>2. ПРОСТЫЕ СТРУКТУРЫ ДАННЫХ.....</b>	<b>19</b>
2.1. ЧИСЛОВЫЕ ТИПЫ.....	19
2.1.1.Целые типы.....	19
2.1.2. Вещественные типы .....	23
2.1.3. Десятичные типы .....	29
2.2. БИТОВЫЕ ТИПЫ .....	31
2.3. ЛОГИЧЕСКИЙ ТИП.....	33
2.4. СИМВОЛЬНЫЙ ТИП .....	33
2.5. ПЕРЕЧИСЛИМЫЙ ТИП .....	34
2.6. ИНТЕРВАЛЬНЫЙ ТИП .....	35
2.7. УКАЗАТЕЛИ.....	36
2.7.1. Физическая структура указателя.....	37
2.7.2. Представление указателей в языках программирования .....	38
2.7.3. Операции над указателями.....	38
<b>3. СТАТИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ ДАННЫХ.....</b>	<b>41</b>
3.1. ВЕКТОРЫ.....	42
3.2. МАССИВЫ.....	44
3.2.1. Логическая структура.....	44
3.2.2. Физическая структура .....	44
3.2.3. Операции .....	46
3.2.4. Адресация массивов с помощью векторов Айлиффа .....	47
3.2.5. Специальные массивы .....	48
3.3. МНОЖЕСТВА.....	54
3.3.1. Числовые множества .....	55
3.3.2. Символьные множества.....	55
3.3.3. Множество из элементов перечислимого типа.....	56
3.3.4. Множество от интервального типа.....	56
3.3.5. Операции над множествами.....	57
3.4. ЗАПИСИ.....	57
3.4.1. Логическое и машинное представление записей .....	57
3.4.2. Операции над записями.....	59
3.5. ЗАПИСИ С ВАРИАНТАМИ.....	59
3.6. ТАБЛИЦЫ .....	61
3.7. ОПЕРАЦИИ ЛОГИЧЕСКОГО УРОВНЯ НАД СТАТИЧЕСКИМИ СТРУКТУРАМИ. ПОИСК .....	63
3.7.1. Последовательный или линейный поиск.....	64
3.7.2. Бинарный поиск .....	64
3.8 ОПЕРАЦИИ ЛОГИЧЕСКОГО УРОВНЯ НАД СТАТИЧЕСКИМИ СТРУКТУРАМИ. СОРТИРОВКА. ....	66
3.8.1. Сортировки выборкой.....	67
3.8.2. Сортировки включением.....	72
3.8.3. Сортировки распределением.....	84
3.9. ПРЯМОЙ ДОСТУП И ХЕШИРОВАНИЕ .....	89
3.9.1. Таблицы прямого доступа .....	89
3.9.2. Таблицы со справочниками .....	90
3.9.3. Хешированные таблицы и функции хеширования .....	90

3.9.4. Проблема коллизий в хешированных таблицах.....	92
<b>4 ПОЛУСТАТИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ ДАННЫХ .....</b>	<b>101</b>
4.1 ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУСТАТИЧЕСКИХ СТРУКТУР.....	101
4.2 СТЕКИ .....	101
4.2.1 Логическая структура стека.....	101
4.2.2 Машинное представление стека и реализация операций.....	102
4.2.3 Стеки в вычислительных системах .....	104
4.3 ОЧЕРЕДИ FIFO.....	106
4.3.1 Логическая структура очереди .....	106
4.3.2 Машинное представление очереди FIFO и реализация операций.....	106
4.3.3 Очереди с приоритетами.....	108
4.3.4 Очереди в вычислительных системах .....	108
4.4 ДЕКИ .....	109
4.4.1 Логическая структура дека .....	109
4.4.2 Деки в вычислительных системах .....	110
4.5 СТРОКИ .....	111
4.5.1 Логическая структура строки .....	111
4.5.2 Операции над строками .....	112
4.5.3 Представление строк в памяти .....	114
<b>5 ДИНАМИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ ДАННЫХ. СВЯЗНЫЕ СПИСКИ.....</b>	<b>126</b>
5.1 СВЯЗНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ В ПАМЯТИ.....	126
5.2.1 Машинное представление связанных линейных списков .....	127
5.2.2 Реализация операций над связными линейными списками.....	129
5.2.3. Применение линейных списков .....	136
5.3 МУЛЬТИСПИСКИ.....	140
5.4 НЕЛИНЕЙНЫЕ РАЗВЕТВЛЕННЫЕ СПИСКИ .....	142
5.4.1 Основные понятия.....	142
5.4.2 Представление списковых структур в памяти. ....	144
5.4.3 Операции обработки списков.....	146
5.5 ЯЗЫК ПРОГРАММИРОВАНИЯ LISP .....	155
5.6 УПРАВЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИ ВЫДЕЛЯЕМОЙ ПАМЯТЬЮ .....	156
<b>6 НЕЛИНЕЙНЫЕ СТРУКТУРЫ ДАННЫХ .....</b>	<b>162</b>
6.1 ГРАФЫ .....	162
6.1.1 Логическая структура, определения.....	162
6.1.2 Машинное представление орграфов.....	163
6.2 ДЕРЕВЬЯ.....	168
6.2.1 Основные определения .....	168
6.2.2 Логическое представление и изображение деревьев. ....	169
6.2.3 Бинарные деревья. ....	170
6.2.4 Представление любого дерева, леса бинарными деревьями.....	172
6.2.5 Машинное представление деревьев в памяти ЭВМ.....	173
6.2.6 Основные операции над деревьями. ....	176
6.3 ПРИЛОЖЕНИЯ ДЕРЕВЬЕВ.....	190
6.3.1 Деревья Хаффмена (деревья минимального кодирования) .....	190
6.3.2 Деревья при работе с арифметическими выражениями .....	191
6.3.3 Формирование таблиц символов.....	193
6.4 СБАЛАНСИРОВАННЫЕ ДЕРЕВЬЯ.....	199
<b>ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>222</b>

## ВВЕДЕНИЕ

*Они служат базовыми элементами любой машинной программы. В организации структур данных и процедур их обработки заложена возможность проверки правильности работы программы.*

*Никлас Вирт.*

Без понимания структур данных и алгоритмов невозможно создать сколько-нибудь серьезный программный продукт. И слова эпиграфа служат тому подтверждением. Поэтому главная задача данного учебного пособия заключалась в следующем:

- показать все разнообразие имеющихся структур данных, представление их в памяти на физическом уровне, т.е. "как это сделано внутри", и логическом уровне, или как эти структуры реализованы в языках программирования;
- выполняемые над ними операции физического и логического уровней;
- показать значение структурного подхода к разработке алгоритмов, продемонстрировать порядок разработки алгоритмов наиболее, по мнению авторов, интересных задач.

Нельзя сказать, что такие вопросы не рассматривались в литературе, но с полной уверенностью можно отметить, что так сконцентрировано, так подробно и в доступной для понимания форме, с таким количеством демонстрационных примеров ни в каком из известных изданиях не сделано.

В пособии приводится классификация структур данных, обширная информация о физическом и логическом представлении структур данных всех классов памяти ПВМ: простых, статических, полустатических, динамических; исчерпывающая информация об операциях над всеми перечисленными структурами. Приведено достаточно большое количество алгоритмов особенно важных операций, реализованных в виде процедур и функций, написанных на Turbo Pascal, которые могут быть применены как "заготовки" в самостоятельных разработках студентов и программистов.