

# Содержание

<b>Введение</b>	15
Об этой книге	15
Использованные в этой книге пиктограммы	17
Дополнительные источники информации	18
Что дальше	18
Ждем ваших отзывов!	19
<b>Часть I. Знакомство с C++</b>	21
<b>Глава 1. Написание вашей первой программы</b>	23
Постигая концепции C++	23
Установка Code::Blocks	25
Windows	25
Ubuntu Linux	27
Macintosh	28
Создание первой программы на C++	32
Создание проекта	32
Ввод кода	32
Небольшая подсказка	35
Построение программы	36
Выполнение программы	37
Анализ программы	38
Определение структуры программ C++	38
Использование в исходном коде комментариев	39
Использование инструкций в программах	39
Объявления	40
Генерация вывода	41
Вычисление выражений	41
Сохранение результатов выражения	41
Обзор программы Convert продолжается...	41
<b>Глава 2. Премудрости объявления переменных</b>	43
Объявление переменных	43
Объявление разных типов переменных	44
Ограничения, налагаемые на целые числа в C++	45
Решение проблемы усечения дробной части	45
Ограничения чисел с плавающей точкой	46
Объявления типов переменных	47
Типы констант	49
Диапазоны числовых типов	50
Специальные символы	51
Широкая дорога для символов	52

Логичны ли эти вычисления?	52
Выражения смешанного типа	53
Автоматические объявления	54
<b>Глава 3. Выполнение математических операций</b>	<b>55</b>
Бинарная арифметика	55
Анализ выражений	56
Определение порядка операций	57
Выполнение унарных операций	58
Использование операторов присваивания	59
<b>Глава 4. Выполнение логических операций</b>	<b>61</b>
Зачем нужны логические операторы	61
Использование простых логических операторов	61
Хранение логических значений	62
Использование целых переменных в качестве логических	64
Логические операции с действительными переменными	64
Бинарные числа в C++	66
Десятичная система счисления	66
Другие системы счисления	66
Двоичная система счисления	67
Выполнение побитовых логических операций	68
Операции с отдельными битами	68
Использование побитовых операторов	70
Простой пример	70
Практическое применение логических вычислений	72
<b>Глава 5. Управление потоком выполнения программы</b>	<b>73</b>
Управление ходом программы с помощью команд ветвления	73
Выполнение циклов	75
Цикл while	75
Использование операторов инкремента и декремента	77
Использование цикла for	78
Избегайте бесконечных циклов	81
Проход по элементам в цикле	81
Специальные операторы управления циклом	82
Вложенные команды управления	85
Инструкция выбора	86
<b>Часть II. Становимся функциональными программистами</b>	<b>89</b>
<b>Глава 6. Создание функций</b>	<b>91</b>
Написание и использование функций	91
Определение первой функции	93
Определение функции <code>sumSequence()</code>	94
Вызов функции <code>sumSequence()</code>	94
Разделяй и властвуй	94

Подробный анализ функций	94
Простые функции	95
Функции с аргументами	96
Перегрузка имен функций	98
Определение прототипов функций	100
Аргументы по умолчанию	101
Передача по значению и передача по ссылке	102
Хранение переменных в памяти	103
<b>Глава 7. Хранение последовательностей в массивах</b>	<b>105</b>
Преимущества массивов	105
Работа с массивами	107
Инициализация массива	110
Выход за границы массива	110
Циклы для диапазонов и массивы	111
Определение и использование массивов с элементами-массивами	111
Использование символьных массивов	112
Создание массива символов	112
Создание строки символов	113
Управление строками	114
Библиотечные функции	116
Работа с широкими строками	117
<b>Глава 8. Первое знакомство с указателями в C++</b>	<b>121</b>
Размер переменной	121
Что такое адрес	122
Адресные операторы	123
Использование указателей	125
Использование разных типов указателей	125
Передача указателей функциям	126
Передача аргументов по значению	126
Передача значений указателей	127
Передача аргументов по ссылке	127
Постоянные проблемы с const	128
Использование кучи	129
Область видимости	130
Проблемы области видимости	131
Решение с применением кучи	131
<b>Глава 9. Второе знакомство с указателями в C++</b>	<b>133</b>
Операции с указателями	133
Повторное знакомство с массивами в свете указателей	134
Операции над указателями для адресации внутри массива	135
Указатели и работа со строками	136
Почему при работе со строками пользуются указателями	138
Операции с указателями других типов	138
Различия между указателями и массивами	139
Когда указатель никуда не указывает	141

Объявление и использование массивов указателей	141
Использование массивов строк	142
Доступ к аргументам <code>main()</code>	144
<b>Глава 10. Препроцессор C++</b>	147
Что такое препроцессор	147
Включение файлов	148
Директива <code>#define</code>	151
Как обойтись без <code>#define</code>	152
Перечисления	153
Использование <code>#if</code>	155
Предопределенные константы	156
Typedef	157
<b>Часть III. Введение в классы</b>	159
<b>Глава 11. Знакомство с объектно-ориентированным программированием</b>	161
Микроволновые печи и уровни абстракции	161
Приготовление блюд с помощью функций	162
Приготовление “объектно-ориентированных” блюд	162
Классификация микроволновых печей	162
Зачем нужна классификация	163
<b>Глава 12. Классы в C++</b>	165
Введение в классы	165
Формат класса	165
Обращение к членам класса	166
Активация наших объектов	167
Моделирование реальных объектов	167
Зачем нужны функции-члены	168
Добавление функции-члена	168
Вызов функций-членов	169
Доступ к членам из функции-члена	171
Разрешение области видимости	172
Определение функции-члена	173
Определение функций-членов вне класса	175
Перегрузка функций-членов	176
<b>Глава 13. Указатели на объекты</b>	179
Объявление массивов объектов	179
Объявление указателей на объекты	180
Разыменование указателей на объекты	181
Использование стрелок	181
Передача объектов функциям	182
Вызов функции с передачей объекта по значению	182
Вызов функции с передачей указателя на объект	183
Передача объекта по ссылке	185
Зачем использовать указатели и ссылки	186

Возврат к куче	186
Выделение из кучи памяти для кучи объектов	187
Управление памятью вместо вас	187
Использование связанных списков	188
Другие операции над связанным списком	189
Программа <code>LinkedListData</code>	189
Списки в стандартной библиотеке	192
<b>Глава 14. Защищенные члены класса: не беспокоить!</b>	193
Защищенные члены	193
Зачем нужны защищенные члены	193
Как устроены защищенные члены	194
Чем хороши защищенные члены	195
Защита внутреннего устройства класса	195
Классы с ограниченным интерфейсом	196
Обращение внешних функций к защищенным членам	196
<b>Глава 15. Создание и удаление объектов</b>	201
Создание объектов	201
Использование конструкторов	202
Конструирование одного объекта	202
Конструирование нескольких объектов	204
Конструирование составных объектов	205
Что такое деструктор	206
Зачем нужен деструктор	206
Работа с деструкторами	207
<b>Глава 16. Аргументация конструирования</b>	211
Как снабдить конструктор аргументами	211
Как использовать конструктор с аргументами	212
Перегрузка конструктора	213
Определение конструкторов по умолчанию	217
Конструирование членов класса	218
Конструирование сложных членов-данных	218
Конструкторы константных членов	223
Управление последовательностью конструирования	224
Локальные объекты создаются последовательно	224
Статические объекты создаются один раз	225
Все глобальные объекты создаются до вызова <code>main()</code>	226
Порядок создания глобальных объектов не определен	226
Члены создаются в порядке их объявления	227
Деструкторы удаляют объекты в порядке, обратном порядку их создания	228
Конструирование массивов	228
Конструкторы как разновидность преобразования типов	229
<b>Глава 17. Копирующий/перемещающий конструктор</b>	231
Копирование объекта	231
Зачем нужен копирующий конструктор	231
Использование копирующего конструктора	232

Автоматический копирующий конструктор	233
“Мелкие” и “глубокие” копии	235
Временные объекты	238
Как избегать временных объектов	240
Перемещающий конструктор	240
<b>Глава 18. Статические члены</b>	243
Определение статических членов	243
Зачем нужны статические члены	243
Использование статических членов	244
Обращение к статическим данным-членам	245
Применение статических данных-членов	246
Объявление статических функций-членов	246
Что такое <code>this</code>	248
<b>Часть IV. Наследование</b>	251
<b>Глава 19. Наследование классов</b>	253
Зачем нужно наследование	254
Как наследуется класс	254
Использование подкласса	256
Конструирование подкласса	257
Деструкция подкласса	258
Наследование конструкторов	258
Отношение СОДЕРЖИТ	259
<b>Глава 20. Знакомство с виртуальными функциями-членами: настоящие ли они</b>	261
Зачем нужен полиморфизм	264
Как работает полиморфизм	264
Когда функция не будет виртуальной	265
Виртуальные особенности	267
<b>Глава 21. Разложение классов</b>	269
Разложение	269
Реализация абстрактных классов	272
Концепция абстрактных классов	273
Создание полноценного класса из абстрактного	274
Передача абстрактных классов	274
<b>Часть V. Безопасность</b>	277
<b>Глава 22. Оператор присваивания</b>	279
Сравнение операторов и функций	279
Потоковые операторы	280
Мелкое копирование — глубокие проблемы	280
Переопределение оператора присваивания	281
Перегрузка оператора индексирования	285
Перемещающие конструктор и оператор присваивания	286

<b>Глава 23. Использование потоков ввода-вывода</b>	291
Как работают потоки ввода-вывода	291
Потоковые объекты по умолчанию	292
Потоковый ввод-вывод	293
Режимы открытия файлов	294
Состояние файла	294
Небольшой пример	295
Методы классов потоков	298
Прямое чтение и запись потока	299
Управление форматированием	301
Что такое endl	302
Позиционирование в файле	303
Подклассы stringstream	303
Работа с манипуляторами	306
<b>Глава 24. Обработка ошибок и исключения</b>	309
Зачем нужен новый механизм обработки ошибок	311
Механизм исключительных ситуаций	311
Что же мы будем бросать?	314
Передай дальше	316
<b>Глава 25. Множественное наследование</b>	319
Механизм множественного наследования	319
Устранение неоднозначностей множественного наследования	321
Виртуальное наследование	322
Конструирование объектов	327
Отрицательные стороны множественного наследования	327
<b>Глава 26. Шаблоны C++</b>	329
Обобщение функции в шаблон	330
Шаблоны классов	331
Советы по использованию шаблонов	334
Внешнее инстанцирование шаблонов	335
Реализация списка инициализации	335
<b>Глава 27. Стандартная библиотека шаблонов</b>	337
Контейнер string	337
Контейнер list	341
Огласите весь список, пожалуйста!	343
Операции над всем списком	344
Приведите пример	344
<b>Глава 28. Как защититься от хакеров</b>	347
Мотивы хакеров	347
Что такое инъекция кода	349
Пример SQL-инъекции	349
Как избежать инъекции кода	351

Переполнение буфера и как им пользуются хакеры	352
Приведите пример!	352
Что происходит со стеком	354
Использование переполнения буфера	358
Первая попытка избежать переполнения буфера	361
Вторая попытка избежать переполнения буфера	363
Еще один аргумент в пользу класса <code>string</code>	365
Почему строковые функции не используются постоянно?	366
<b>Часть VI. Великолепные десятки</b>	369
<b>Глава 29. Десять способов избежать ошибок</b>	371
Включение всех предупреждений и сообщений об ошибках	371
Используйте последовательный стиль программирования	371
Ограничивайте видимость	372
Комментируйте свою программу	373
Хотя бы один раз выполните программу пошагово	374
Избегайте перегрузки операторов	374
Последовательная работа с кучей	374
Для обработки ошибок используйте исключения	374
Делайте деструкторы виртуальными	375
Избегайте множественного наследования	376
<b>Глава 30. Десять способов защититься от взлома</b>	377
Не делайте предположений о вводе пользователя	377
Тщательно обрабатывайте все ошибки	378
Ведение журнала программы	379
Следование определенным правилам разработки	380
Важность контроля версий	381
Безопасная аутентификация пользователей	382
Управление удаленными сеансами	384
Запутывание кода	385
Использование цифровой подписи	387
Используйте безопасное шифрование, где это необходимо	387
<b>Предметный указатель</b>	389



# Указатели на объекты

*В этой главе...*

- Массивы объектов
- Указатели на объекты
- Строгая типизация
- Списки объектов

**П**рограммисты на C++ постоянно создают массивы чего-либо. Формируются массивы целочисленных значений, массивы действительных значений; так почему бы не создать массив студентов? Студенты все время находятся в списках (причем гораздо чаще, чем им хотелось бы). Концепция объектов Student, стройными рядами ожидающих своей очереди, слишком привлекательна, чтобы можно было пройти мимо нее.

## *Объявление массивов объектов*

Массивы объектов работают так же, как и массивы простых переменных. (В главе 7, “Хранение последовательностей в массивах”, описаны основы работы с массивами простых (встроенных) типов, а в главах 8, “Первое знакомство с указателями в C++”, и 9, “Второе знакомство с указателями в C++”, подробно рассматриваются указатели.) В качестве примера можно использовать следующий фрагмент программы `ArrayOfStudents`:

```
// ArrayOfStudents - определение массива объектов
//                  Student и обращение к его
//                  элементам

#include <cstdio>
#include <cstdlib>
#include <iostream>
using namespace std;

class Student
{
public:
    int    semesterHours;
    double gpa;
    double addCourse(int hours, double grade) { return 0.0; };
};

void someFn()
{
    // Объявляем массив из 10 студентов
    Students[10];
}
```

```

// Пятый студент получает 5.0 (повезло!)
s[4].gpa = 5.0;
s[4].semesterHours = 32;

// Добавим еще один курс пятому студенту,
// который на этот раз провалился...
s[4].addCourse(3, 0.0);
}

```

В данном фрагменте `s` является массивом объектов типа `Student`. Запись `s[4]` означает пятый элемент массива, а значит, `s[4].gpa` является усредненной оценкой пятого студента. В следующей строке с помощью функции `s[4].addCourse()` пятому студенту добавляется еще один прослушанный и несданный курс.

## Объявление указателей на объекты

Указатели на объекты работают так же, как и указатели на простые типы:

```

// ObjPtr - определение и использование
//           указателя на объект Student
#include <cstdio>
#include <cstdlib>
#include <iostream>
using namespace std;

class Student
{
public:
    int    semesterHours;
    double gpa;
    double addCourse(int hours, double grade);
};

int main(int nNumberOfArgs, char* pszArgs[])
{
    // Создание объекта Student
    Student s;
    s.gpa = 3.0;

    // Создание указателя на объект Student
    Student* pS;

    // Заставляем указатель указывать на наш объект
    pS = &s;
    cout << "s.gpa = " << s.gpa << "\n"
         << "pS->gpa = " << pS->gpa << endl;

    // Ожидание, позволяющее пользователю увидеть результат
    // работы программы
    cout << "Нажмите Enter для продолжения..." << endl;
    cin.ignore(10, '\n');
    cin.get();
    return 0;
}

```

В программе объявляется переменная `s` типа `Student`, после чего создается переменная `pS`, которая является “указателем на объект типа `Student`”; другими словами, указателем `Student*`. Программа инициализирует значение одного из членов-данных `s` и присваивает адрес `s` переменной `pS`. Затем программа обращается к объекту `s`: один раз — по имени, а затем — с использованием указателя на объект. Странную запись `pS->gpa` я объясню немного позже в этой главе.

## Разыменование указателей на объекты

По аналогии с указателями на простые переменные можно решить, что в приведенном ниже примере происходит обращение к усредненной оценке студента `s`:

```
int main(int nNumberOfArgs, char* pszArgs[])
{
    // Этот пример некорректен
    Student s;
    Student* pS= &s; // Создаем указатель на объект s

    // Обращаемся к члену gpa объекта, на который
    // указывает pS (этот фрагмент неверен)
    *pS.gpa = 3.5;

    return 0;
}
```

Как сказано в комментарии, этот код работать не будет. Проблема в том, что оператор `.` будет выполнен раньше оператора `*`. Таким образом, `*pS.gpa` интерпретируется как `*(pS.gpa)`. Скобки необходимы для того, чтобы заставить оператор разыменования вычисляться до оператора точки:

```
int main(int nNumberOfArgs, char* pszArgs[])
{
    Student s;
    Student* pS= &s; // Создаем указатель на объект s

    // Обращаемся к члену gpa того объекта, на который
    // указывает pS (теперь все работает правильно)
    (*pS).gpa = 3.5;

    return 0;
}
```

Теперь `*pS` вычисляет объект, на который указывает `pS`, а следовательно, `.gpa` обращается к члену этого объекта.

## Использование стрелок

Использование для разыменования указателей на объекты оператора `*` со скобками будет прекрасно работать. Однако даже самые твердолобые программисты скажут вам, что такой синтаксис разыменования очень неудобен.

Для доступа к членам объекта C++ предоставляет более удобный оператор `->`, позволяющий избежать неуклюжей конструкции со скобками и оператором `*`; таким образом, `pS->gpa` эквивалентно `(*pS).gpa`. В результате получаем следующий преобразованный код рассмотренной программы:

```

int main(int nNumberOfArgs, char* pszArgs[])
{
    Student s;
    Student* pS= &s; // Создаем указатель на объект s

    // Обращаемся к члену gpa того объекта, на который
    // указывает pS (теперь все работает правильно)
    pS->gpa = 3.5;

    return 0;
}

```

Этот оператор используется гораздо чаще, поскольку его легче читать (хотя обе формы записи совершенно тождественны).

## *Передача объектов функциям*

Передача указателей функциям — один из множества способов выразить себя в области указателей.

### **Вызов функции с передачей объекта по значению**

Как вы знаете, C++ передает аргументы в функцию по ссылке при использовании в описании символа & (см. главу 8, “Первое знакомство с указателями в C++”). Однако по умолчанию C++ передает функции только значения аргументов. (Обратитесь к главе 6, “Создание функций”, если вы этого не знали.)

Объекты сложных пользовательских классов передаются точно так же, как и простые int, как видно из приведенной ниже программы PassObjVal:

```

// PassObjVal - попытка изменить значение объекта в функции
//                оказывается неудачной при передаче объекта
//                по значению
#include <cstdio>
#include <cstdlib>
#include <iostream>
using namespace std;

class Student
{
public:
    int    semesterHours;
    double gpa;
};

void someFn(Student copyS)
{
    copyS.semesterHours = 10;
    copyS.gpa           = 3.0;
    cout << "Значение copyS.gpa = "
         << copyS.gpa << "\n";
}

int main(int nNumberOfArgs, char* pszArgs[])
{

```

```

Student s;
s.gpa = 0.0;

// Вывод значения s.gpa до вызова someFn()
cout << "Значение s.gpa = " << s.gpa << "\n";

// Передача существующего объекта
cout << "Вызов someFn(Student)\n";
someFn(s);
cout << "Возврат из someFn(Student)\n";

// Значение s.gpa остается равным 0
cout << "Значение s.gpa = " << s.gpa << "\n";

// Ожидание, позволяющее пользователю увидеть результат
// работы программы
cout << "Нажмите Enter для продолжения..." << endl;
cin.ignore(10, '\n');
cin.get();
return 0;
}

```

В этом примере функция `main()` создает объект `s`, а затем передает его в функцию `someFn()`.



Осуществляется передача по значению не самого объекта, а его копии.

Объект `copyS` начинает свое существование внутри функции `someFn()` и является точной копией объекта `s` из `main()`. При этом любые изменения содержимого объекта `copyS` никак не отражаются на объекте `s` из функции `main()`. Вот что дает программа на выходе:

```

Значение s.gpa = 0
Вызов someFn(Student)
Значение copyS.gpa = 3
Возврат из someFn(Student)
Значение s.gpa = 0
Нажмите Enter для продолжения...

```

## Вызов функции с передачей указателя на объект

Зачастую программисту требуется, чтобы изменения переданного объекта в функции отражались и в вызывающей функции. В таком случае вместо того, чтобы передавать объект по значению, можно передавать в функцию адрес объекта или ссылку на него:

```

// PassObjPtr - изменение значения объекта в функции
// при передаче указателя на объект
#include <cstdio>
#include <cstdlib>
#include <iostream>
using namespace std;

```

```

class Student
{
    public:
        int    semesterHours;
        double gpa;
};

void someFn(Student* pS)
{
    pS->semesterHours = 10;
    pS->gpa            = 3.0;
    cout << "Значение pS->gpa = "
         << pS->gpa << "\n";
}

int main(int nNumberOfArgs, char* pszArgs[])
{
    Student s;
    s.gpa = 0.0;

    // Вывод значения s.gpa до вызова someFn()
    cout << "Значение s.gpa = " << s.gpa << "\n";

    // Передача существующего объекта
    cout << "Вызов someFn(Student*)\n";
    someFn(&s);
    cout << "Возврат из someFn(Student*)\n";

    // Значение s.gpa теперь равно 3.0
    cout << "Значение s.gpa = " << s.gpa << "\n";

    // Ожидание, позволяющее пользователю увидеть результат
    // работы программы
    cout << "Нажмите Enter для продолжения..." << endl;
    cin.ignore(10, '\n');
    cin.get();
    return 0;
}

```

В этом примере аргумент, передаваемый в `someFn()`, имеет тип указателя на объект `Student`, что записывается как `Student*` (это отражает способ вызова программой функции `someFn()` с передачей адреса `s` вместо самого объекта). Теперь вместо значения объекта `s` в функцию `someFn()` передается указатель на объект `s`, что позволяет изменять состояние этого объекта. Соответственно изменяется и способ обращения к аргументам функции внутри ее тела: теперь для разыменования указателя `pS` используются операторы-стрелки.

На этот раз вывод программы имеет следующий вид:

```

Значение s.gpa = 0
Вызов someFn(Student*)
Значение pS->gpa = 3
Возврат из someFn(Student*)
Значение s.gpa = 3
Нажмите Enter для продолжения...

```

## Передача объекта по ссылке

В главе 6, “Создание функций”, была введена концепция передачи в функции аргументов простых типов по ссылке с помощью оператора &. Приведенная далее программа демонстрирует этот способ передачи для пользовательских объектов:

```
// PassObjRef - изменение значения объекта в функции
//                при передаче с использованием ссылки

#include <cstdio>
#include <cstdlib>
#include <iostream>
using namespace std;

class Student
{
public:
    int    semesterHours;
    double gpa;
};

void someFn(Student& refs)
{
    refs.semesterHours = 10;
    refs.gpa           = 3.0;
    cout << "Значение refs.gpa = "
         << refs.gpa << "\n";
}

int main(int nNumberOfArgs, char* pszArgs[])
{
    Student s;
    s.gpa = 0.0;

    // Вывод значения s.gpa до вызова someFn()
    cout << "Значение s.gpa = " << s.gpa << "\n";

    // Передача существующего объекта
    cout << "Вызов someFn(Student&)\n";
    someFn(s);
    cout << "Возврат из someFn(Student&)\n";

    // Значение s.gpa теперь равно 3.0
    cout << "Значение s.gpa = " << s.gpa << "\n";

    // Ожидание, позволяющее пользователю увидеть результат
    // работы программы
    cout << "Нажмите Enter для продолжения..." << endl;
    cin.ignore(10, '\n');
    cin.get();
    return 0;
}
```

В этой программе в функцию `someFn()` передается не копия объекта, а ссылка на него. Вывод данной программы идентичен выводу предыдущей: изменения, внесенные функцией `someFn()` в `s`, сохраняются внутри `main()`.

## Зачем использовать указатели и ссылки

Итак, передать объект в функцию можно разными способами. Но почему бы нам не ограничиться одним, простейшим способом — передачей по значению?

Один ответ мы уже получили, когда изучали способы передачи в этой главе: при передаче по значению нельзя изменить исходный объект, поскольку в функции вы работаете с копией объекта.

А вот и вторая причина: некоторые объекты могут оказаться *действительно очень большими*. Передача такого объекта по значению приводит к копированию большого объема информации в память функции.

При вызове из функции другой функции объект копируется вновь, и в результате нескольких вложенных вызовов вы получите десяток объектов в памяти и программу, работающую медленнее загрузки Windows.



Проблема на самом деле еще сложнее, чем описано здесь. В главе 17, “Копирующий/перемещающий конструктор”, вы убедитесь, что создание копии объекта представляет собой существенно более сложную задачу, чем простое копирование участка памяти из одного места в другое.

Передача указателя (или ссылки) — очень быстрый процесс. Размер указателя на большинстве современных платформ равен 4 байтам, независимо от того, каков размер объекта, на который этот указатель указывает.

## Возврат к куче

Проблемы, возникающие при работе с указателями на простые переменные, распространяются и на указатели на объекты. В частности, необходимо гарантировать, что указатель ссылается на существующий корректный объект. Так, нельзя возвращать указатель на локально определенный объект, как это сделано в данном примере:

```
MyClass* myFunc()
{
    // Эта функция не будет работать правильно
    MyClass mc;
    MyClass* pMC = &mc;
    return pMC;
}
```

После возврата из `myFunc()` объект `mc` выходит из области видимости, а значит, указатель, который возвращает `myFunc()`, указывает на несуществующий объект.



Проблемы, связанные с возвратом памяти, которая выходит из области видимости, рассматривались в главе 9, “Второе знакомство с указателями в C++”.



Использование кучи позволяет решить эту проблему:

```
MyClass* myFunc()  
{  
    MyClass* pMC = new MyClass;  
    return pMC;  
}
```

Здесь память, выделенная из кучи, не возвращается в нее при выходе переменной `pMC` из области видимости.



С помощью кучи можно выделять память для объектов в самых разнообразных ситуациях, когда объект не должен потеряться при выходе некоторой переменной из области видимости. В этом случае программист сам отвечает как за выделение памяти для объекта, так и за освобождение ее, когда объект становится более не нужным.

## Выделение из кучи памяти для кучи объектов

Можно также выделять из кучи память для массива объектов с применением следующего синтаксиса:

```
class MyClass  
{  
    public:  
        int nValue;  
};  
  
void fn()  
{  
    MyClass* pMC = new MyClass[5]  
    // Обращение к индивидуальным членам  
    for (int i = 0; i < 5; i++)  
    {  
        pMC[i].nValue = i;  
    }  
    // Освобождение памяти - обратите внимание  
    // на квадратные скобки  
    delete[] pMC;  
};
```

После выделения памяти `pMC` можно использовать, как и любой другой массив, с использованием синтаксиса `pMC[i]` для обращения к *i*-му объекту типа `MyClass`. Обратите внимание, что для освобождения памяти, выделенной для массива, используется несколько отличная форма оператора `delete[]` — с квадратными скобками.

## Управление памятью вместо вас

Многие классы (в частности, описанные в главе 27, “Стандартная библиотека шаблонов”, контейнеры) работают с кучей вместо вас. Например, класс `string` хранит символьную строку в памяти, выделяемой из кучи. Авторы этого класса побеспокоились о том, чтобы память возвращалась в кучу, когда это требуется, так что вы можете безопасно писать следующий исходный текст:

```

string myFunc()
{
    string localString;
    localString << cin;
    return localString;
}

```

Объект `localString` при создании пользуется памятью из кучи, но корректно возвращает ее, выходя из области видимости в конце функции. (О том, как добиться такого чуда, вы узнаете из глав 16, “Аргументация конструирования”, и 17, “Копирующий/перемещающий конструктор”.)

## Использование связанных списков

*Связанный список* является второй по распространенности структурой после массива. Каждый объект в связанном списке указывает на следующий, образуя цепочку в памяти. К связанному списку легко добавить еще один элемент — изменением указателя в последнем объекте списка. В этом заключается основное преимущество связанного списка — отсутствие необходимости задавать фиксированный размер на этапе компиляции: связанный список может уменьшаться и увеличиваться в зависимости от потребностей программы. Можно также сортировать члены связанного списка без перемещения объектов — простым изменением связей.

Цена этой гибкости — скорость работы со списком, поскольку обратиться к какому-то из элементов списка можно, только пройдя по всем предыдущим.

Связанный список, помимо изменяемого в процессе работы программы размера (что хорошо) и сложности доступа к произвольному объекту (что плохо), имеет еще одно свойство: интенсивное использование указателей. Это делает связанный список отличным средством для получения опыта в работе с указателями (что очень хорошо).



В стандартной библиотеке C++ имеется несколько типов списков. Вы увидите их в действии в главе 27, “Стандартная библиотека шаблонов”; однако при реализации собственного связанного списка вы получаете нечто бесценное, а именно — опыт.

Не всякий класс можно использовать для создания связанного списка. Связываемый класс объявляется так, как показано в приведенном ниже фрагменте:

```

class LinkableClass
{
public:
    LinkableClass* pNext;
    // Прочие члены класса
};

```

Ключевым в этом классе является указатель `pNext` на объект класса `LinkableClass`. На первый взгляд, несколько необычно выглядит то, что класс содержит указатель сам на себя. В действительности в этом объявлении подразумевается, что каждый объект класса содержит указатель на другой объект этого же класса.

Связанный список похож на цепочку детей, идущих по улице, взявшись за руки. Указатель `pNext` соответствует в такой модели руке ребенка, которой он держит идущего за ним в цепочке.

*Головной указатель* является указателем типа `LinkableClass*`, и если использовать аналогию с цепочкой детей, держащихся за руки, то можно сказать, что учитель указывает на объект класса “ребенок” (любопытно отметить, что сам учитель не является ребенком — головной указатель не обязан иметь тип `LinkableClass`, он просто указатель на него).



Всегда инициализируйте указатели значением `nullptr`, указателем в никуда:

```
LinkableClass* pHead = nullptr;
```



В случае компиляторов, не соответствующих стандарту C++11 и не реализующих `nullptr`, используйте значение `0` или соответствующую константу, определенную с помощью директивы `#define NULLPTR 0`.

```
LinkableClass* pHead = NULLPTR;
```

Чтобы увидеть, как связанные списки работают на практике, рассмотрим следующую функцию, которая добавляет переданный ей аргумент в начало списка:

```
void addHead(LinkableClass* pLC)
{
    pLC->pNext = pHead
    pHead = pLC;
}
```

Здесь после выполнения первой строки поле `pNext` указывает на первый член списка, а после второй строки заголовок списка указывает на добавленный элемент, что делает его первым элементом списка.

## Другие операции над связанным списком

Добавление объекта в начало списка — самая простая операция со связанным списком. Хорошее представление о работе связанного списка дает процедура прохода по нему до конца списка:

```
// Проход по связанному списку
LinkableClass* pL = pHead;
while (pL)
{
    // Выполнение некоторых операций

    // Переход к следующему элементу
    pL = pL->pNext;
}
```

Сначала указатель `pL` инициализируется адресом первого объекта в списке (он хранится в переменной `pHead`). Затем программа входит в цикл `while`. Если указатель `pL` не нулевой, он указывает на некоторый объект `LinkableClass`. В этом цикле программа может выполнить те или иные действия над объектом.

После этого присваивание `pL = pL->pNext` “перемещает” указатель к следующему объекту списка. Если указатель становится нулевым, список исчерпан.

## Программа `LinkedListData`

Программа `LinkedListData` использует связанный список для хранения списка объектов, содержащих имена людей. Программу очень легко расширить, добавив, например, номера социального страхования, рост или вес. Просто я старался сделать программу максимально простой:

```

// LinkedListData - хранение данных в связанном списке
#include <cstdio>
#include <cstdlib>
#include <iostream>
#include <string.h>
using namespace std;

// NameDataSet - хранит имя человека (этот объект
//              можно легко расширить для хранения
//              другой информации)
class NameDataSet
{
public:
    string sName;

    // Указатель на следующую запись в списке
    NameDataSet* pNext;
};

// Указатель на первую запись списка
NameDataSet* pHead = nullptr;

// Добавление нового члена в список
void add(NameDataSet* pNDS)
{
    pNDS->pNext = pHead;

    // Заголовок указывает на новую запись
    pHead = pNDS;
}

// getData - чтение имени
NameDataSet* getData()
{
    // Читаем имя
    string name;
    cout << "\nВведите имя: ";
    cin >> name;

    // Если это имя - 'exit'...
    if (name == "exit")
    {
        // ...вернуть нулевое значение
        return 0;
    }

    // Новая запись для заполнения
    NameDataSet* pNDS = new NameDataSet;

    // Заполнение поля имени и обнуление указателя
    pNDS->sName = name;
    pNDS->pNext = 0;

    // Возврат адреса созданного объекта
    return pNDS;
}

```

```

int main(int nNumberOfArgs, char* pszArgs[])
{
    cout << "Читаем имена студентов\n"
         << "Введите 'exit' для выхода\n";

    // Создание объекта NameDataSet
    NameDataSet* pNDS;
    while (pNDS = getData())
    {
        // Добавление в конец списка
        add(pNDS);
    }

    // Итерация списка для вывода записей
    cout << "Записи:\n";
    for(NameDataSet *pIter = pHead;
        pIter; pIter = pIter->pNext)
    {
        // Вывод текущей записи
        cout << pIter->sName << endl;
    }

    // Ожидание, позволяющее пользователю увидеть результат
    // работы программы
    cout << "Нажмите Enter для продолжения..." << endl;
    cin.ignore(10, '\n');
    cin.get();
    return 0;
}

```

Несмотря на внушительную длину, программа `LinkedListData` относительно проста. Структура `NameDataSet` содержит поле для хранения имени персоны и ссылку на следующий в списке объект типа `NameDataSet`. Я уже упоминал, что в реальном приложении этот класс должен иметь и другие члены.



Для имени персоны я использовал класс `string`. Хотя все его методы не будут описаны до главы 27, “Стандартная библиотека шаблонов”, он гораздо проще в применении, чем строки с завершающим нулевым символом. В настоящее время класс `string` используется практически повсеместно и по сути, насколько это возможно, превращается во встроенный тип языка C++.

Функция `main()` начинается с циклического вызова функции `getData()`, которая считывает элемент `NameDataSet` с клавиатуры. Если пользователь вводит строку `exit`, `getData()` возвращает нулевой указатель. Функция `main()` вызывает функцию `add()`, чтобы добавить элемент, который вернула `getData()`, в конец связанного списка.

Если от пользователя больше не поступает элементов `NameDataSet`, функция `main()` выводит на экран все элементы списка.

Функция `getData()` ожидает ввода имени для записи его в соответствующее поле нового объекта. Если пользователь вводит в поле имени строку `exit`, функция возвращает нулевой указатель. В противном случае `getData()` считывает имя, после чего создает новый объект `NameDataSet`, заполняет его поле имени и обнуляет его указатель `pNext`.



Никогда не оставляйте связывающие указатели не инициализированными! Старая поговорка программистов гласит: “Не уверен — обнули”.

Наконец функция `getData()` возвращает функции `main()` адрес объекта.

Каждый объект, который возвращает функция `getData()`, добавляется в начало списка, на который указывает глобальная переменная-указатель `pHead`. Когда функция `getData()` возвращает нулевое значение, происходит выход из цикла `while`, после чего в следующем цикле осуществляется проход по списку с выводом информации о каждом элементе списка.

В этот раз я использовал цикл `for`, функционально эквивалентный использованному ранее циклу `while`. Цикл `for` инициализирует указатель `pIter` указателем на первый элемент списка присваиванием `pIter = pHead`. Затем выполняется проверка `pIter` на равенство нулю (что говорит об исчерпании списка). По окончании каждой итерации `pIter` переходит к следующему элементу списка с помощью присваивания `pIter = pIter->pNext`. Это стандартная процедура обхода списков любого типа:

```
Вывод программы имеет следующий вид.  
Читаем имена студентов  
Введите 'exit' для выхода
```

```
Введите имя: Игорь  
Введите имя: Ира  
Введите имя: Антон  
Введите имя: Записи:  
Антон  
Ира  
Игорь  
Нажмите Enter для продолжения...
```



Вывод программы представляет собой введенные имена в обратном порядке. Это происходит потому, что добавление элементов выполняется в начало списка. Возможна вставка элементов в конец списка, однако эта задача посложнее, решенная в программе `LinkedListForward`, имеющейся на веб-сайте. Единственное отличие в ней — в функции `add()`, которая добавляет новые элементы в конец списка. Попробуйте сами написать такую программу, прежде чем смотреть, как это сделал я.

## Списки в стандартной библиотеке

Точно так, как ребенок должен научиться ходить перед тем, как ездить на автомобиле, считать — перед тем, как использовать калькулятор, программисту необходимо научиться писать программы, работающие со связанными списками, перед тем, как использовать классы списков, написанные другими. В главе 27, “Стандартная библиотека шаблонов”, будет описан связанный список из стандартной библиотеки C++.