Углубленное программирование на языке C / C++

Лекция № 3

Алексей Петров

Лекция №3.
Основные вопросы ООП на языке C++

1. Инкапсуляция и ответственность класса. Принципы SRP, OCP. Идиома RAII.
2. Праводопустимые выражения. Конструкторы (операции) переноса и иные расширения объектной модели в C++11.
3. Инкапсуляция и вопросы производительности.
4. **Постановка задач к практикуму №3.**

Рекомендуемая литература: модуль №2 (1 / 2)

- Дейтел Х., Дейтел П. Как программировать на C++. — Бином-Пресс, 2009. — 800 с.
- Липпман С., Лажойе Ж. Язык программирования C++. Вводный курс. — Невский Диалект, ДМК Пресс. — 1104 с.
- Липпман С., Лажойе Ж., Му Б. Язык программирования C++. Вводный курс. — Вильямс, 2007. — 4-е изд. — 896 с.
- Прата С. Язык программирования C++. Лекции и упражнения. — Вильямс, 2012. — 6-е изд. — 1248 с.: ил.
- Саттер Г. Новые сложные задачи на C++. — Вильямс, 2005. — 272 с.
- Саттер Г. Решение сложных задач на C++. — Вильямс, 2008. — 400 с.
- Саттер Г., Александреску А. Стандарты программирования на C++. — Вильямс, 2008. — 224 с.
- Страуструп Б. Программирование. Принципы и практика использования C++. — Вильямс, 2011. — 1248 с.
- Страуструп Б. Язык программирования C++. — Бином, 2011. — 1136 с.

Рекомендуемая литература: модуль №2 (2 / 2)

- Шилдт Г. C++: базовый курс. — Вильямс, 2008. — 624 с.
- Шилдт Г. C++. Методики программирования Шилдта. — Вильямс, 2009. — 480 с.
- Шилдт Г. Полный справочник по C++. — Вильямс, 2007. — 800 с.
- Abrahams, D., Gurtovoy, A. *C++ Template Metaprogramming: Concepts, Tools, and Techniques from Boost and Beyond* (Addison Wesley Professional, 2004).

Инкапсуляция — базовый принцип ООП

Инкапсуляция, или сокрытие реализации, является фундаментом объектного подхода к разработке ПО.

- Следуя данному подходу, программист рассматривает задачу в терминах предметной области, а создаваемый им продукт видит как **совокупность абстрактных сущностей — классов** (в свою очередь формально являющихся пользовательскими типами).
- Инкапсуляция **предотвращает прямой доступ** к внутреннему представлению класса из других классов и функций программы.
- Без нее теряют смысл остальные основополагающие принципы объектно-ориентированного программирования (ООП): наследование и полиморфизм. Сущность инкапсуляции можно отразить формулой:

Открытый интерфейс + скрытая реализация

Класс: в узком или широком смысле?

Принцип инкапсуляции распространяется не только **на классы** (class), но и **на структуры** (struct), а также **объединения** (union). Это связано с расширительным толкованием понятия «класс» в языке C++, трактуемом как в узком, так и широком смысле:

- **класс в узком смысле** — *одноименный* составной пользовательский тип данных, являющийся контейнером для данных и алгоритмов их обработки. Вводится в текст программы определением типа со спецификатором class;
- **класс в широком смысле** — *любой* составной пользовательский тип данных, агрегирующий данные и алгоритмы их обработки. Вводится в текст программы определением типа с одним из спецификаторов struct, union или class.

Каждое определение класса вводит **новый тип данных.** Тело класса определяет **полный перечень его членов**, который не может быть расширен после закрытия тела.

Указатель this

Указатель this — **неявно определяемый константный указатель** на объект класса, через который происходит вызов соответствующего нестатического метода (чьим «нулевым» неявным параметром он является).

Для неконстантных устойчивых методов класса T имеет тип T *const, для константных — имеет тип const T *const, для неустойчивых — volatile T *const.

Указатель this **допускает разыменование** (*this) и его применение внутри методов допустимо, но чаще всего излишне. Исключение составляют две ситуации:

- сравнение адресов объектов:

```
if (this != someObj) /* ... */
```

- оператор return:

```
return *this;
```

Класс как область видимости

Класс — наряду с блоком, функцией и пространством имен — **является конструкцией** C++, которая **вводит** в состав программы одноименную **область видимости**. (Строго говоря, область видимости вводит определение класса, а именно его тело.)

- Все члены класса видны в нем самом с момента своего объявления. Порядок объявления членов класса важен: нельзя ссылаться на члены, которые предстоит объявить позднее. Исключение составляет разрешение имен в определениях встроенных методов, а также имен (статических членов), используемых как аргументы по умолчанию.

В области видимости класса находится не только его тело, но и внешние определения его членов: методов и статических атрибутов.

Конструкторы и деструкторы (1 / 2)

Конструктор — метод класса, автоматически применяемый к каждому экземпляру (объекту) класса перед первым использованием (в случае динамического выделения памяти — после успешного выполнения операции new).

Освобождение ресурсов, захваченных в конструкторе класса либо на протяжении времени жизни соответствующего экземпляра, осуществляет **деструктор**.

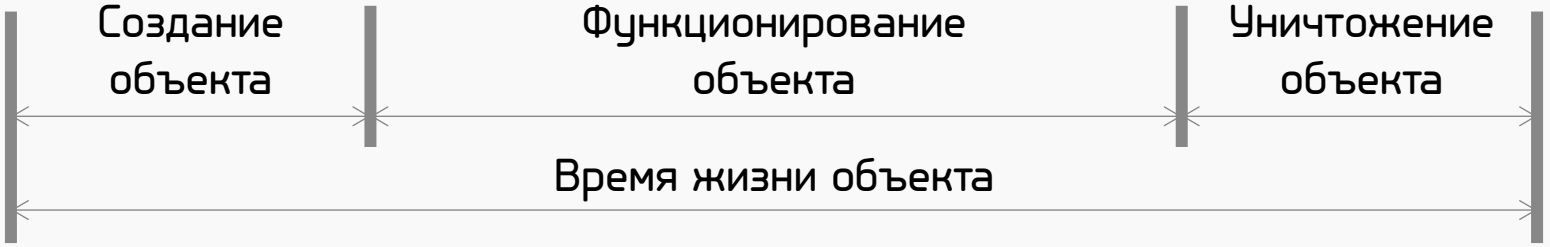
В связи с принятым по умолчанию почленным порядком инициализации и копирования объектов класса в большинстве случаев возникает необходимость в реализации, — наряду с конструктором по умолчанию, — **конструктора копирования** и перегруженной **операции-функции присваивания** operator=.

Конструкторы и деструкторы (2 / 2)

Выполнение любого конструктора состоит из двух фаз:

- фаза явной (неявной) инициализации (обработка списка инициализации);
- фаза вычислений (исполнение тела конструктора).

Конструктор **не может определяться** со спецификаторами const и volatile. Константность и неустойчивость объекта устанавливается по завершении работы конструктора и снимается перед вызовом деструктора.



Инициализация без конструктора (1 / 2)

Класс, все члены которого открыты, может задействовать механизм **явной позиционной инициализации**, ассоциирующий значения в списке инициализации с членами данных в соответствии с их порядком.

```
struct Sample {
    int                 int_prm;
    double              dbl_prm;
    std::string         str_prm;
};

// …
Sample sample = { 1, -3.14, "dictum factum" };
```

Инициализация без конструктора (2 / 2)

Преимуществами такой техники выступают:

- скорость и эффективность, особо значимые при выполнении во время запуска программы (для глобальных объектов).

Недостатками инициализации без конструктора являются:

- пригодность только для классов, члены которых открыты;
- отсутствие поддержки инкапсуляции и абстрактных типов;
- требование предельной точности и аккуратности в применении.

Конструкторы по умолчанию (1 / 2)

Явный конструктор по умолчанию **не требует задания значений** его параметров, хотя таковые могут присутствовать в сигнатуре (но в таком случае должны иметь значения по умолчанию).

```
struct Sample {
    Sample(int ipr = 0, double dpr = 0.0);
    // …
};
```

Наличие формальных параметров в конструкторе по умолчанию позволяет **сократить общее число конструкторов** и объем исходного кода.

Конструкторы по умолчанию (2 / 2)

Если в классе определен хотя бы один конструктор с параметрами, то при использовании класса со стандартными контейнерами и динамическими массивами экземпляров конструктор по умолчанию **обязателен**.

```
Sample *samples = new Sample[NUM_OF_SAMPLES];
```

Если конструктор по умолчанию **не определен**, но существует хотя бы один конструктор с параметрами, в определении объектов должны присутствовать аргументы. Если ни одного конструктора не определено, объект класса не инициализируется (память под статическими объектами по общим правилам обнуляется).

Конструкторы с параметрами: пример


```
struct Sample {
    Sample(int prm) : _prm (prm) {}
private:
    int _prm;
};

// все вызовы конструктора допустимы и эквивалентны
Sample  sample1(10),
        sample2 = Sample(10),
        sample3 = 10;  // для одного аргумента
```

Массивы объектов: пример


```
// массивы объектов класса определяются
// аналогично массивам объектов базовых типов

// для конструктора с одним аргументом
Sample array1[] = { 10, -5, 0, 127 };

// для конструктора с несколькими аргументами
Sample array2[5] = {
        Sample(10, 0.1),
        Sample(-5, -3.6),
        Sample(0, 0.0),
        Sample() // если есть конструктор по умолчанию
};
```

Закрытые и защищенные конструкторы

Описание конструктора класса как **защищенного** или **закрытого** дает возможность ограничить или полностью запретить отдельные способы создания объектов класса.

В большинстве случаев закрытые и защищенные конструкторы используются для:

- **предотвращения копирования** одного объекта в другой;
- указания на то, что конструктор **должен вызываться** только **для создания подобъектов** базового класса в объекте производного класса, а не создания объектов, непосредственно доступных в коде программы.

Почленная инициализация и присваивание (1 / 2)

Почленная инициализация по умолчанию — механизм инициализации одного объекта класса другим объектом того же класса, который активизируется независимо от наличия в определении класса явного конструктора.

Почленная инициализация по умолчанию происходит в следующих ситуациях:

- явная инициализация одного объекта другим;
- передача объекта класса в качестве аргумента функции;
- передача объекта класса в качестве возвращаемого функцией значения;
- определение непустого стандартного последовательного контейнера;
- вставка объекта класса в стандартный контейнер.

Почленная инициализация и присваивание (2 / 2)

Почленная инициализация по умолчанию **подавляется** при наличии в определении класса конструктора копирования.

Запрет почленной инициализации по умолчанию осуществляется одним из следующих способов:

- описание закрытого конструктора копирования (не действует для методов класса и дружественных объектов);
- описание конструктора копирования без его определения (действует всюду).

Почленное присваивание по умолчанию — механизм присваивания одному объекту класса значения другого объекта того же класса, отличный от почленной инициализации по умолчанию использованием копирующей операции-функции присваивания вместо конструктора копирования.

Конструкторы копирования

Конструктор копирования принимает в качестве первого формального параметра **ссылку** на существующий объект класса. Другими словами, этот параметр имеет тип T&, const T&, volatile T& или const volatile T&.

Второй и последующие параметры конструктора копирования, если есть, должны иметь значения по умолчанию.

В случае отсутствия явного конструктора копирования в определении класса производится почленная инициализация объекта по умолчанию.

```
struct Sample {
    Sample(const Sample &rhs);
    // ...
};
```

Конструкторы и операции преобразования

Конструкторы преобразования служат для построения объектов класса по одному или нескольким значениям иных типов.

Операции преобразования позволяют преобразовывать содержимое объектов класса к требуемым типам данных.

```
struct Sample {
    // конструкторы преобразования
    Sample(const char *);
    Sample(const std::string &);
    // операции преобразования
    operator int    () { return int_prm; }
    operator double () { return dbl_prm; }
    // …
};
```

Список инициализации нестатических членов данных

Выполнение любого конструктора состоит из двух фаз:

- фаза явной (неявной) инициализации (обработка списка инициализации) — предполагает **начальную инициализацию** членов данных;
- фаза вычислений (исполнение тела конструктора) — предполагает **присваивание значений** (в предварительно инициализированных областях памяти).

Присваивание значений членам данных – объектам классов в теле конструктора **неэффективно** ввиду ранее произведенной инициализации по умолчанию. Присваивание значений членам данных, представляющих «старые» базовые типы, **по эффективности равнозначно** инициализации.

К началу исполнения тела конструктора все **константные члены и члены-ссылки** должны быть инициализированы.

Деструкторы. Виртуальные деструкторы (1 / 2)

Деструктор — не принимающий параметров и не возвращающий результат метод класса, автоматически вызываемый при выходе объекта из области видимости и применении к указателю на объект класса операции delete.

```
struct Sample
{
    // ...
    virtual ~Sample();
};
```

Примечание: деструктор не вызывается при выходе из области видимости ссылки или указателя на объект.

Деструкторы. Виртуальные деструкторы (2 / 2)

Типичные задачи деструктора:

- сброс содержимого программных буферов в долговременные хранилища;
- освобождение (возврат) системных ресурсов, главным образом — оперативной памяти;
- закрытие файлов или устройств;
- снятие блокировок, останов таймеров и т.д.

Для обеспечения корректного освобождения ресурсов объектами производных классов деструкторы в полиморфных иерархиях, как правило, определяют как **виртуальные**.

Явный вызов деструкторов

Потребность в явном вызове деструктора обычно связана с необходимостью **уничтожить** динамически размещенный объект **без освобождения памяти**.

```
char *buf = new char[sizeof(Sample)];
// "размещающий" вариант new
Sample *psmp1 = new (buf) Sample(100);
// …
psmp1->~Sample();      // вызов 1
Sample *psmp2 = new (buf) Sample(200);
// …
psmp2->~Sample();      // вызов 2
delete [] buf;
```

Скобочные инициализаторы членов данных (C++11): пример (1 / 2)


```
#include <iostream>
int counter = int();

struct Sample {
    // скобочные и приравнивающие инициализаторы
    // (brace-or-equal initializers)
    std::string msg{"Abeunt studia in mores“}; // форма 1
    int  id = ++counter;                       // форма 2
    int  n{42};                                // форма 3

    // приравнивающий инициализатор
    // с невычисляемым операндом (n)
    static const std::size_t sz = sizeof n;
```

Скобочные инициализаторы членов данных (C++11): пример (2 / 2)


```
// struct Sample
    Sample() {} // msg == "Abeunt studia in mores", n == 42
    Sample(int _n) : n(_n) {} // msg == "Abeunt… ", n == _n
};

int main() {
    Sample sample;
    std::cout << sample.id << "\t"           // 1
              << sample.n << std::endl       // 42
              << sample.msg << std::endl;    // "Abeunt…"
    return 0;
}
```

Семантика переноса (C++11)

Введение в C++11 семантики переноса (англ. move semantics) обогащает язык возможностями более **тонкого и эффективного управления памятью данных**, устраняющего копирование объектов там, где оно нецелесообразно. Технически семантика переноса реализуется при помощи **ссылок на праводопустимые выражения** (англ. expiring value, xvalue) и **конструкторов переноса**.

Конструкторы переноса не создают точную копию своего параметра, а «отнимают» его ресурсы (указатели на участки программной кучи, дескрипторы файлов, потоки ввода-вывода, потоки исполнения, TCP-сокеты и т.д.), передавая права владения ими вновь создаваемому объекту. **Параметр конструктора переноса остается в корректном, но неопределенном состоянии.**

Отсутствие поддержки классом семантики переноса — не ошибка, но упущенная возможность оптимизации.

Конструктор переноса: пример (C++11, 1 / 3)


```
class Alpha {
public:
    Alpha();
    Alpha(const Alpha &a); // конструктор копирования
    Alpha(Alpha &&a);      // конструктор переноса
    ~Alpha();
private:
    std::size_t sz;
    double *d;
};

Alpha::Alpha() : sz(0), d(NULL) { }
Alpha::~Alpha() { delete [] d; }
```

Конструктор переноса: пример (C++11, 2 / 3)


```
// конструктор копирования
Alpha::Alpha(const Alpha &a) : sz(a.sz) {
    d = new double[sz];
    // …
    for(std::size_t i = 0; i < sz; i++)
        d[i] = a.d[i];
}
// конструктор переноса
Alpha::Alpha(Alpha &&a) : sz(a.sz) {
    d    = a.d;
    a.d  = nullptr; // перенастройка параметра, C++11
    a.sz = 0;
}
```

Конструктор переноса: пример (C++11, 3 / 3)


```
Alpha foo(Alpha arg) { return arg; }
void  bar(Alpha arg) { }
int main(void) {
    // вызов Alpha::Alpha(Alpha&&) при возврате из функции
    // с сигнатурой Alpha f(/* … */)
    Alpha alp1 = foo(Alpha());
    // вызов Alpha::Alpha(Alpha&&) при инициализации
    Alpha alp2 = std::move(alp1); // alp2(std::move(alp1))
    // вызов Alpha::Alpha(Alpha&&) при передаче параметра
    // функции void g(Alpha)
    bar(std::move(alp2));
    return 0;
}
```

Операция-функция присваивания с переносом: пример (C++11, 1 / 2)


```
#include <iostream>

struct Beta {
    // явно определенная операция-функция присваивания
    // делает конструкторы T::T(), T::T(T&) удаленными
    Beta() = default;
    Beta(const Beta&) = default;
    Beta& operator=(Beta &&rhs) {
        msg = std::move(rhs.msg);
        return *this;
    }
    std::string msg;
};
```

Операция-функция присваивания с переносом: пример (C++11, 2 / 2)


```
int main() {
    Beta beta = {"Per aspera ad astra"}, gamma;
    gamma = std::move(beta);

    std::cout << gamma.msg << std::endl       // "Per asper…"
              << beta.msg << std::endl;       // ""
}
```

Реализация присваивания через вызов конструктора (C++11)


```
class T {
public: // функции ::acquire/::release являются вымышленными
    explicit T(const std::string& _name) :
        handle {::acquire(_name)} {}
    T(T&& rhs) : handle {rhs.handle} {rhs.handle = nullptr;}
    T& operator=(T&& rhs) {     // ресурсом владеет rhs
        T copy{std::move(rhs)}; // ресурсом владеет copy
        std::swap(handle, copy.handle);  // владеет *this
        return *this;  // для copy вызывается T::~T()
    }
    ~T() { ::release(handle); }
private:
    resource_t handle;
};
```

Автоматически генерируемый конструктор по умолчанию

В случае отсутствия в классе явных конструкторов любого типа **компилятор самостоятельно неявно определяет** конструктор по умолчанию как встраиваемый (inline) открытый (public) метод данного класса.

В ходе трансляции неявно определенный конструктор, — если он не удален и не является тривиальным, — по умолчанию генерируется (формируется на уровне тела функции) компилятором и работает точно так же, как явно определенный конструктор **с пустым телом** и **пустым списком инициализации**.

Примечание. В случае участия класса в иерархии наследования автоматически генерируемый конструктор по умолчанию вызывает конструкторы по умолчанию базовых классов и своих членов, не являющихся статическими.

Тривиальный конструктор по умолчанию

Конструктор по умолчанию является **тривиальным**, если одновременно соблюдаются **все следующие условия**:

- конструктор определен неявно или определен как default;
- класс не имеет виртуальных методов;
- класс не имеет виртуальных базовых классов;
- каждый непосредственный предок класса имеет тривиальный конструктор по умолчанию;
- каждый нестатический член класса имеет тривиальный конструктор по умолчанию.

Тривиальный конструктор по умолчанию не совершает никаких действий. Объекты классов с таким конструктором — при условии соблюдения требований к выравниванию — могут создаваться при помощи reinterpret_cast в любом подходящем месте, к примеру, на участках программной кучи, запрошенных вызовом std::malloc().

Автоматически генерируемые специальные методы иных видов

Сказанное выше справедливо также для конструкторов копирования, конструкторов переноса и деструктора класса:

- в отсутствие явно определенного конструктора копирования конструктор формируется компилятором автоматически как встраиваемый открытый метод с сигнатурой `T::T(const T&)` или `T::T(T&)`;
- в отсутствие явно определенных конструктора переноса, конструкторов копирования, операций присваивания путем копирования, операций присваивания путем переноса, а также деструкторов конструктор переноса формируется компилятором автоматически как встраиваемый открытый метод с сигнатурой `T::T(T&&)`;
- в отсутствие явно определенного деструктора деструктор формируется компилятором автоматически как встраиваемый открытый метод с сигнатурой `T::~T()`.

Принуждение и подавление генерации конструкторов и деструкторов (C++11)

Автоматическая генерация конструктора по умолчанию, конструктора копирования, конструктора переноса или деструктора компилятором может быть как подавлена программистом, так и, наоборот, форсирована.

```
class Sample {
public:
    // запрет автогенерации конструктора по умолчанию
    Sample() = delete;
    Sample(int ipr, double dpr);
    // принудительная автогенерация деструктора по умолчанию
    ~Sample() = default;
};
```

Подавление копирования

Для обеспечения эффективности объектного кода компилятору разрешено пропускать необязательные («лишние») вызовы конструкторов копирования и переноса, реализуя так называемую **семантику передачи по значению без копирования** (англ. zero-copy pass-by-value semantics).

- Такому поведению компиляторов, известному как **подавление копирования** (англ. copy elision), не препятствует даже реализация конструкторами **наблюдаемых внешне побочных действий**. Примером ситуаций такого рода является оптимизация времени компиляции, известная как RVO и NRVO.

Подавление копирования — единственная разрешенная стандартом форма оптимизации, легально нарушающая правило “as-if” и способная повлиять на побочные действия вызова функций.

Программы, полагающиеся на побочные действия конструкторов и деструкторов классов, не являются переносимыми.

Оптимизации RVO и NRVO

Оптимизация NRVO (англ. Named Return Value Optimization) — ситуация, в которой функция возвращает объект класса по значению, а выражение в операторе return есть идентификатор устойчивого объекта с автоматической продолжительностью хранения, не являющегося параметром самой функции и имеющего тот же тип без квалификаторов const / volatile, что и тип результата функции.

Оптимизация RVO (англ. Return Value Optimization) — ситуация, в которой анонимный временный объект является аргументом return.

- Расширением RVO является оптимизация, при которой анонимный временный объект, не связанный с какой-либо ссылкой, копируется или переносится в объект того же типа без квалификаторов const / volatile.

Примечание: подавление копирования в GCC может быть отключено флагом компиляции -fno-elide-constructors.

«Правило трех»

«Правило трех» (англ. Rule of Three) — если класс требует написания явно определенного деструктора, такого же конструктора копирования или операции присваивания, он почти наверное требует написания всех трех названных методов. ■

- Неявно определенные специальные методы класса, как правило, **неверно решают возложенную задачу**, если класс управляет ресурсом, который доступен по описателю, не являющемуся классом (указатель T*, POSIX-дескриптор файла и пр.); деструктор не выполняет никаких действий, а конструктор копирования / операция присваивания осуществляет «поверхностное копирование» (описателя, а не управляемого / адресуемого ресурса).

Следствие. Для конструктора копирования и операции присваивания справедливо: определение одного метода как закрытого (private), удаленного (delete) или не имеющего реализации при наличии неявно определенной реализации другого чаще всего является признаком (влечет за собой) ошибки. ■

«Правило пяти [умолчаний]»

«Правило пяти [умолчаний]» (англ. Rule of Five [Defaults]) — так как наличие явно определенного деструктора, конструктора копирования или копирующей операции присваивания подавляет неявное определение конструктора переноса и операции присваивания с переносом, класс, требующий поддержки семантики переноса, должен включать определения всех пяти специальных методов (возможно, в виде = default). ■

Класс T, подчиняющийся «правилу пяти», гарантированно содержит:

- явный конструктор копирования, напр. T::T(const T&);
- явный конструктор переноса, напр. T::T(T&&);
- явную операцию-функцию присваивания путем копирования, напр. T& operator=(const T&);
- явную операцию-функцию присваивания путем переноса, напр. T& operator=(T&&);
- явный деструктор T::~T().

«Правило нуля»

«Правило нуля» (англ. Rule of Zero) — единственной зоной ответственности класса (ср.: принцип SRP) с нестандартным деструктором, конструктором копирования / переноса или операцией-функцией присваивания путем копирования / переноса должно быть обслуживание ресурса, которым владеет его соответствующий экземпляр (ср.: идиома RAII). ■

```
struct ruleOfZero {
    ruleOfZero(const std::string &_msg) : msg(_msg) {}
private:
    std::string msg;
};
```

Идиома RAII

Закрепление за конструкторами функции захвата, выделения, блокировки или инициализации ресурсов, а **за деструкторами — функции** их возврата, освобождения и снятия установленных блокировок:

- позволяет **безопасно обрабатывать ошибки и исключения**;
- составляет суть одной из важнейших идиом ОО-программирования RAII (англ. Resource Acquisition Is Initialization — «получение ресурса есть инициализация»).

Работа идиомы RAII в языке C++ основана, главным образом, на **гарантированном вызове деструкторов автоматических переменных**, являющихся экземплярами классов, при выходе из соответствующих областей видимости.

Правильный выбор объекта-владельца соответствующего ресурса — лучшее средство в борьбе с утечкой ресурсов.

Принципы S.O.L.I.D.: начало

Принципы S.O.L.I.D. — устоявшееся обозначение «первой пятерки» принципов объектно-ориентированного программирования и дизайна, сформулированных главным редактором *C++ Report* Р. Мартином (Robert Martin) в начале 2000-х гг.

В число принципов S.O.L.I.D., обобщающих классические результаты 1980 – 1990-х гг., входят:

- Принцип единственной ответственности [Р. Мартин];
- Принцип открытости / закрытости [Б. Мейер (Bertrand Meyer)];
- Принцип подстановки Лисков [Б. Лисков (Barbara Liskov) — Ж. Уинг (Jeannette Wing)];
- Принцип разделения интерфейсов [Р. Мартин];
- Принцип инверсии зависимостей [Р. Мартин].

Принципы SRP и OCP (S.O.L.I.D.)

Принцип единственной ответственности (англ. Single Responsibility Principle, SRP) требует:

Любой класс должен иметь
одну и только одну зону ответственности

Принцип открытости / закрытости (англ. Open / Closed Principle, OCP) гласит:

Программные элементы должны быть
открыты для расширения, но закрыты для изменения

Практикум №3

Постановка задачи

- Сформировать команду (выполнено?!).
- Предложить собственную тему проекта (см. блог дисциплины).
- Построить концептуальную UML-модель предметной области проекта и детализировать состав основных классов.
- **Цель** — спроектировать полиморфную иерархию из трех или более классов с множественным наследованием, семантика и функциональная нагрузка которых определяются темой проекта.

Алексей Петров

Спасибо за внимание!