

# Основы разработки на C++: жёлтый пояс

Неделя 2

Тестирование



# Оглавление

<b>Тестирование</b>	<b>2</b>
2.1 Тестирование и отладка . . . . .	2
2.1.1 Введение в юнит-тестирование . . . . .	2
2.1.2 Декомпозиция решения в задаче «Синонимы» . . . . .	3
2.1.3 Простейший способ создания юнит-тестов на C++ . . . . .	5
2.1.4 Отладка решения задачи «Синонимы» с помощью юнит-тестов . . . . .	7
2.1.5 Анализ недостатков фреймворка юнит-тестов . . . . .	10
2.1.6 Улучшаем <code>assert</code> . . . . .	11
2.1.7 Внедряем шаблон <code>AssertEqual</code> во все юнит-тесты . . . . .	13
2.1.8 Изолируем запуск отдельных тестов . . . . .	15
2.1.9 Избавляемся от смешения вывода тестов и основной программы . . . . .	17
2.1.10 Обеспечиваем регулярный запуск юнит-тестов . . . . .	18
2.1.11 Собственный фреймворк юнит-тестов. Итоги . . . . .	19
2.1.12 Общие рекомендации по декомпозиции программы и написанию юнит-тестов	20

# Тестирование

## Тестирование и отладка

### Введение в юнит-тестирование

Вспомним, что говорилось в курсе «C++: белый пояс». Если решение не принимается тестирующей системой, то нужно:

1. Внимательно перечитать условия задачи;
2. Убедиться, что программа корректно работает на примерах;
3. Составить план тестирования (проанализировать классы входных данных);
4. Тестировать программу, пока она не пройдет все тесты;
5. Если идеи тестов кончились, но программа не принимается, то выполнить декомпозицию программы на отдельные блоки и покрыть каждый из них юнит-тестами.

Как юнит-тесты помогают в отладке:

1. Позволяют протестировать каждый компонент изолированно;
2. Их проще придумывать;
3. Упавшие юнит-тесты указывают, в каком блоке программы ошибка.

## Декомпозиция решения в задаче «Синонимы»

На примере задачи «Синонимы» из курса «C++: белый пояс» покажем применение юнит-тестов.

Условие задачи:

Два слова называются синонимами, если они имеют похожие значения. Надо реализовать словарь синонимов, обрабатывающий три вида запросов:

- `ADD word1 word2` – добавить в словарь пару синонимов (`word1`, `word2`);
- `COUNT word` – выводит текущее количество синонимов для слова `word`;
- `CHECK word1 word2` – проверяет, являются ли слова синонимами.

Ввод:	Вывод:
<code>ADD program code</code>	
<code>ADD code cipher</code>	
<code>COUNT cipher</code>	<code>1</code>
<code>CHECK code program</code>	<code>YES</code>
<code>CHECK program cipher</code>	<code>NO</code>

Посмотрим на решение, которое у нас уже есть и которое надо протестировать:

```
#include <iostream>
#include <string>
#include <map>
#include <set>
using namespace std;

int main() {
    int q; // считываем количество запросов
    cin >> q;
    // храним словарь синонимов (для строки хранит множество всех её синонимов)
    map<string, set<string>> synonyms;
    for (int i = 0; i < q; ++i) { // обрабатываем запросы
        string operation_code;
        cin >> operation_code;

        if (operation_code == "ADD") { // считываем две строки и добавляем в словарь
```

```
    string first_word, second_word;
    cin >> first_word >> second_word;
    synonyms[second_word].insert(first_word);
    synonyms[first_word].insert(second_word);
} else if (operation_code == "COUNT") { // считываем одну строку и выводим
// размер
    string word;
    cin >> word;
    cout << synonyms[word].size() << endl;
} else if (operation_code == "CHECK") { // считываем два слова и проверяем
    string first_word, second_word;
    cin >> first_word >> second_word;
    if (synonyms[first_word].count(second_word) == 1) {
        cout << "YES" << endl;
    } else {
        cout << "NO" << endl;
    }
}
}
return 0;
}
```

Отправляем в тестирующую систему и видим, что решение не принялось. Он говорит нам, что неправильный ответ на третьем тесте, и больше информации нет. Решение надо тестировать на различных входных данных. Но вроде всё работает и стоит переходить к юнит-тестированию. А для него надо сначала выполнить декомпозицию задачи «Синонимы». Давайте ввод и вывод оставим в `main`, а обработку запроса вынесем в отдельные функции:

```
#include <iostream>
#include <string>
#include <map>
#include <set>
using namespace std;
void AddSynonyms(map<string, set<string>>& synonyms, // функция добавления
                 const string& first_word, const string& second_word) {
    synonyms[second_word].insert(first_word);
    synonyms[first_word].insert(second_word);
}
size_t GetSynonymCount(map<string, set<string>>& synonyms, // количество синонимов
                      const string& first_word) {
    return synonyms[first_word].size();
}
```

```
}
bool AreSynonyms(map<string, set<string>>& synonyms, // проверка
                 const string& first_word, const string& second_word) {
    return synonyms[first_word].count(second_word) == 1;
}

int main() {
    int q;
    cin >> q;
    map<string, set<string>> synonyms;
    for (int i = 0; i < q; ++i) {
        string operation_code;
        cin >> operation_code;
        if (operation_code == "ADD") {
            string first_word, second_word;
            cin >> first_word >> second_word;
            AddSynonyms(synonyms, first_word, second_word)
        } else if (operation_code == "COUNT") {
            string word;
            cin >> word;
            cout << GetSynonymCount(synonyms, word) << endl;
        } else if (operation_code == "CHECK") {
            string first_word, second_word;
            cin >> first_word >> second_word;
            if (AreSynonyms(synonyms, first_word, second_word)) {
                cout << "YES" << endl;
            } else {
                cout << "NO" << endl;
            }
        }
    }
}

return 0;
}
```

## Простейший способ создания юнит-тестов на C++

Посмотрим, как писать юнит-тесты и как они должны себя вести на примере функции Sum, которая находит сумму двух чисел.

```
#include <iostream>
```

```
#include <cassert> // подключаем assert'ы
using namespace std;
int sum(int x, int y) {
    return x + y;
}
void TestSum() { // собираем набор тестов для функции Sum
    assert(Sum(2, 3) == 5); // мы ожидаем, что 2+3=5
    assert(Sum(-2, -3) == -5); // проверка отрицательных чисел
    assert(Sum(-2, 0) == -2); // проверка прибавления 0
    assert(Sum(-2, 2) == 0); // проверка, когда сумма = 0
    cout << "TestSum OK" << endl;
}
int main() {
    TestSum();
    return 0;
}
// TestSum OK
```

Тесты отработали и не нашли ошибок. Теперь посмотрим, что должно быть при наличии ошибок:

```
#include <iostream>
#include <cassert> // подключаем assert'ы
using namespace std;
int sum(int x, int y) {
    return x + y - 1; // сделали заведомо неправильно
}
// Assertion fail. main.cpp:7: void TestSum(): Assertion 'Sum(2, 3) == 5' failed ...
```

Нам написали, в каком файле, в какой строке какой **Assert** не сработал. Это облегчает поиск ошибок. Мы можем добиться другой ошибки, например:

```
#include <iostream>
#include <cassert> // подключаем assert'ы
using namespace std;
int sum(int x, int y) {
    if (x < 0) {
        x -= 1
    }
    return x + y;
}
// Assertion fail. main.cpp:7: void TestSum(): Assertion 'Sum(2, 3) == 5' failed ...
```

Видим, что первый тест прошёл, а на втором уже ошибка. Таким образом, мы можем проверять каждую функцию по отдельности на ожидаемых значениях.

## Отладка решения задачи «Синонимы» с помощью юнит-тестов

Для задачи «Синонимы» покроем каждую функцию юнит-тестами и сократим код заменой `map<string, set<string>>` на что-то более короткое:

```
#include <iostream>
#include <string>
#include <map>
#include <set>
#include <cassert>
using namespace std;
using Synonyms = map<string, set<string>>;
// сократили запись типа и везде изменили на Synonyms
void AddSynonyms(Synonyms& synonyms, const string& first_word, const string&
    second_word) {
    synonyms[second_word].insert(first_word);
    synonyms[first_word].insert(second_word); // тут должен не сработать AddSynonyms
}
size_t GetSynonymCount(Synonyms& synonyms, const string& word) {
    return synonyms[word].size();
}
bool AreSynonyms(Synonyms& synonyms, const string& first_word, const string&
    second_word) {
    return synonyms[first_word].count(second_word) == 1;
}

void TestAddSynonyms() { // тестируем AddSynonyms
{
    Synonyms empty; // тест 1
    AddSynonyms(empty, "a", "b");
    const Synonyms expected = {
        {"a", {"b"}}, // ожидаем, что при добавлении синонимов появятся две записи в
        // словаре
        {"b", {"a"}}
    };
    assert(empty == expected);
}
```



```
}
{ // заметим, что мы формируем корректный словарь и ожидаем, что он останется корректным
  Synonyms synonyms = { // если вдруг корректность нарушится, то assert скажет, где
    {"a", {"b"}}}, // тест 2
    {"b", {"a", "c"}},
    {"c", {"b"}}
  };
  AddSynonyms(synonyms, "a", "c");
  const Synonyms expected = {
    {"a", {"b", "c"}},
    {"b", {"a", "c"}},
    {"c", {"a", "b"}}
  };
  assert(synonyms == expected);
}
cout << "TestAddSynonyms OK" << endl;
}

void TestCount() { // тестируем Count
{
  Synonyms empty;
  assert(GetSynonymCount(empty, "a") == 0);
}
{
  Synonyms synonyms = {
    {"a", {"b", "c"}},
    {"b", {"a"}}},
    {"c", {"a"}}
  };
  assert(GetSynonymCount(synonyms, "a") == 2);
  assert(GetSynonymCount(synonyms, "b") == 1);
  assert(GetSynonymCount(synonyms, "z") == 0);
}
cout << "TestCount OK" << endl;
}

void TestAreSynonyms() { // тестируем AreSynonyms
{
  Synonyms empty; // пустой словарь для любых двух слов вернёт false
  assert(!AreSynonyms(empty, "a", "b"));
  assert(!AreSynonyms(empty, "b", "a"));
}
```

```
}
{
    Synonyms synonyms = {
        {"a", {"b", "c"}},
        {"b", {"a"}},
        {"c", {"a"}}
    };
    assert(AreSynonyms(synonyms, "a", "b"));
    assert(AreSynonyms(synonyms, "b", "a"));
    assert(AreSynonyms(synonyms, "a", "c"));
    assert(AreSynonyms(synonyms, "c", "a"));
    assert(!AreSynonyms(synonyms, "b", "c")); // false
    assert(!AreSynonyms(synonyms, "c", "b")); // false
}
cout << "TestAreSynonyms OK" << endl;
}

void TestAll() { // функция, вызывающая все тесты
    TestCount();
    TestAreSynonyms();
    TestAddSynonyms();
}

int main() {
    TestAll();
    return 0;
}

// TestCount OK
// TestAreSynonyms OK
// main.cpp:26: void TestAddSynonyms(): Assertion 'empty == expected' failed.
```

Видим, что `Count` и `AreSynonyms` работают нормально, а вот в `AddSynonyms` у нас ошибка. Смотрим, что не так. Идём в `AddSynonyms` и видим, что:

```
synonyms[first_word].insert(first_word); // мы должны к 1 слову добавить 2, а не 1
```

Теперь после исправления все наши тесты отработали успешно. Снова пробуем отправить в тестирующую систему наше решение, закомментировав вызов `TestAll()`; в `main`. Тестирование завершилось и решение принято тестирующей системой. Таким образом мы на простом примере продемонстрировали эффективность декомпозиции программы и юнит-тестов.

## Анализ недостатков фреймворка юнит-тестов

По ходу разработки юнит-тестов во время решения задачи «Синонимы» мы смогли написать небольшой юнит-тест фреймворк. Посмотрим, что за фреймворк получился. Во-первых, он основан на функции `assert`. Его главный плюс – мы узнаём, какая именно проверка сработала неправильно. На предыдущей задаче мы видели:

```
// main.cpp:26: void TestAddSynonyms(): Assertion 'empty == expected' failed.
```

Основные недостатки:

1. При проверке равенства в консоль не выводятся значения сравниваемых переменных. И мы не знаем, чем была переменная `empty`;
2. После невыполненного `assert` код падает. Если в `TestAll` поставить `TestAddSynonyms` на первое место, то остальные два теста даже не начнутся;
3. Кроме того, у нас пока что результаты тестов выводят ОК в стандартный вывод и смешиваются с тем, что должен выводить код.

В C++ уже существует много фреймворков для работы с тестами, в которых этих недостатков нет.

C++ Unit Testing Frameworks:

1. Google Test
2. CxxTest
3. Boost Test Library

Далее мы свой Unit Testing Framework улучшим для того, чтобы показать, что текущих знаний C++ хватает для таких вещей. И вы будете понимать как он работает, и сможете его менять под свои нужды.

## Улучшаем assert

Избавимся от первого недостатка `assert`: когда он срабатывает, мы не видим, чему равен каждый из операндов. Т. е. мы хотим видеть для кода такой вывод:

```
int x = Add(2, 3);
assert(x == 4);
// Assertion failed: 5 != 4
```

И работало оно для любых типов данных:

```
vector<int> sorted = Sort({1, 4, 3});
assert(sorted == vector<int> {1, 3, 4}));
// Assertion failed: [1, 4, 3] != [1, 3, 4]
```

Такие универсальные выводы помогут догадаться о возможной ошибке. Т. е. нам нужна функция сравнения двух переменных какого-то произвольного типа. Напишем шаблон `AssertEqual` перед `TestAddSynonyms()`.

```
#include <exception> // подключим исключения
#include <sstream>    // подключили строковые потоки
...
template <class T, class U>
void AssertEqual (class T& t, const U& u) {
// значения двух разных типов для удобства
    if (t != u) { // если значения не равны, то мы даём знать, что этот assert не сработал
        ostringstream os;
        os << "Assertion failed: " << t << "!=" << u;
        throw runtime_error(os); // бросим исключение с сообщением со значениями t и u
    }
}
```

Встроим это в `TestCount()`. Заменим `assert` на наш `AssertEqual` внутри `TestCount()`.

```
void TestCount() {
{
    Synonyms empty;
    AssertEqual(GetSynonymCount(empty, "a"), 0);
    AssertEqual(GetSynonymCount(empty, "b"), 0);
}
{
    Synonyms synonyms = {
```

```

    {"a", {"b", "c"}},
    {"b", {"a"}},
    {"c", {"a"}}
};
AssertEqual(GetSynonymCount(synonyms, "a"), 2);
AssertEqual(GetSynonymCount(synonyms, "b"), 1);
AssertEqual(GetSynonymCount(synonyms, "z"), 0);
}
}
// Warning ... comprison between signed and unsigned ...

```

Код скомпилировался, но мы получили Warning из-за сравнения между знаковым и беззнаковым типами в `AssertEqual`. Это происходит потому, что все константы (2, 1 и 0 в нашем случае) имеют тип `int` (как уже было сказано в неделе 1), который мы сравниваем с типом `size_t`. Исправляем это, дописав к ним `u` справа: `1 → 1u` и т. д.

Теперь, сделав нарочную ошибку где-нибудь в `GetSynonymCount`, мы получим предупреждение: `Assertion failed: 1 != 0`. Но пока мы не видим, какой именно `Assert` сработал. Исправим это, передавая в `Assert` строчку `hint` и также добавим каждому `Assert`'у строку идентификации, по которой мы сможем однозначно понять, какой именно `Assert` выдал ошибку:

```

void AssertEqual (class T& t, const U& u, const string& hint) {
    if (t != u) {
        ostringstream os;
        os << "Assertion failed: " << t << "!=" << u << "Hint: " << hint;
        throw runtime_error(os);
    }
}
...
void TestCount() {
    {
        Synonyms empty;
        AssertEqual(GetSynonymCount(empty, "a"),
            0u, "Synonym count for empty dict a");
        AssertEqual(GetSynonymCount(empty, "b"),
            0u, "Synonym count for empty dict b");
    }
    {
        Synonyms synonyms = {
            {"a", {"b", "c"}},
            {"b", {"a"}},

```

```

    {"c", {"a"}}
};
AssertEqual(GetSynonymCount(synonyms, "a"), 2u, "Nonempty dict, count a");
AssertEqual(GetSynonymCount(synonyms, "b"), 1u, "Nonempty dict, count b");
AssertEqual(GetSynonymCount(synonyms, "z"), 0u, "Nonempty dict, count z");
}
}
// Asserting failed: 1!= 0 Hint: Synonym count for empty dict

```

## Внедряем шаблон AssertEqual во все юнит-тесты

Добавим `Assert` в `AreSynonyms`. Только `AssertEqual` нам не подходит, потому что в данной функции у нас только два константных значения: `true` и `false`. Вместо этого напомним аналог классического `assert`, который назовём `Assert` (C++ чувствителен к регистру). И если мы испортим функцию `AreSynonyms`, то получим соответствующую ошибку с подсказкой.

```

void Assert(bool b, const string& hint) {
    AssertEqual(b, true, hint);
}
... // модернизируем наш TestAreSynonyms
void TestAreSynonyms() {
    {
        Synonyms empty;
        Assert(!AreSynonyms(empty, "a", "b"), "AreSynonyms empty a b");
        Assert(!AreSynonyms(empty, "b", "a"), "AreSynonyms empty b a");
    }
    {
        Synonyms synonyms = {
            {"a", {"b", "c"}},
            {"b", {"a"}},
            {"c", {"a"}}
        };
        Assert(AreSynonyms(synonyms, "a", "b"), "AreSynonyms nonempty a b");
        Assert(AreSynonyms(synonyms, "b", "a"), "AreSynonyms nonempty b a");
        Assert(AreSynonyms(synonyms, "a", "c"), "AreSynonyms nonempty a c");
        Assert(AreSynonyms(synonyms, "c", "a"), "AreSynonyms nonempty c a");
        Assert(!AreSynonyms(synonyms, "b", "c"), "AreSynonyms nonempty b c");
        Assert(!AreSynonyms(synonyms, "c", "b"), "AreSynonyms nonempty c b");
    }
}

```

```

}
}
// Asserting failed: 0!= 1 Hint: AreSynonyms empty a b

```

Получили нужную ошибку, и по ней мы можем увидеть, где что-то не так. Осталась только функция `AddSynonyms`, и ловим ошибку:

```

void TestAddSynonyms() {
{
    Synonyms empty;
    AddSynonyms(empty, "a", "b");
    const Synonyms expected = {
        {"a", {"b"}},
        {"b", {"a"}},
    };
    AssertEqual(empty, expected, "Add to empty");
}
{
    Synonyms synonyms = {
        {"a", {"b"}},
        {"b", {"a", "c"}},
        {"c", {"b"}}
    };
    AddSynonyms(synonyms, "a", "c");
    const Synonyms expected = {
        {"a", {"b", "c"}},
        {"b", {"a", "c"}},
        {"c", {"b", "a"}}
    };
    AssertEqual(synonyms, expected, "Nonempty");
}
}
// no match for 'operator <<' (operand types are std::ostream<char> and std::map ...)

```

Ошибка произошла с `empty` и `synonyms`, которые являются `map<string, set<string>`. Мы пытаемся их вывести в стандартный поток вывода (см. неделя 1). Пишем перегрузку оператора вывода для `map` и для `set`, предварительно исправив ошибку в `AreSynonyms`, допустим ошибку в `AddSynonyms` и поймаем её:

```

template <class T> // учимся выводить в поток set
ostream& operator << (ostream& os, const set<T>& s) {

```

```
os << "{";
bool first = true;
for (const auto& x : s) {
    if (!first) {
        os << ", ";
    }
    first = false;
    os << x;
}
return os << "}";
}

template <class K, class V> // учимся выводить в поток map
ostream& operator << (ostream& os, const map<K, V>& m) {
    os << "{";
    bool first = true; // грамотная расстановка запятых
    for (const auto& kv : m) {
        if (!first) {
            os << ", ";
        }
        first = false;
        os << kv.first << ": " << kv.second;
    }
    return os << "}";
}

// Asserting failed: {a: {a}, b: {a}} != {a: {b}, b: {a}}. Hint: Add to empty
```

Таким образом, мы внедрили шаблон `AssertEqual`, который позволяет найти ошибку, узнать, с чем она возникла и найти конкретное место в коде благодаря подсказке.

## Изолируем запуск отдельных тестов

Теперь исправим следующий недостаток `Assert`: если он срабатывает, то код падает и другие тесты не выполняются. Аварийное завершение программы у нас возникало из-за вылета исключения в `AssertEqual`. Теперь будем ловить эти исключения в `main`:

```
int main() {
    try {
        TestAreSynonyms(); // ловим исключение
    }
```



```
    } catch (runtime_error& e) {
        ++fail_count;
        cout << "TestAreSynonyms" << " fail: " << e.what() << endl;
    } // если мы словили исключение, то работа всё равно продолжится
    try {
        TestCount();
    } catch (runtime_error& e) {
        ++fail_count;
        cout << " TestCount" << " fail: " << e.what() << endl;
    }
    try {
        TestAddSynonyms();
    } catch (runtime_error& e) {
        ++fail_count;
        cout << "TestAddSynonyms" << " fail: " << e.what() << endl;
    }
}
```

Но это неудобно, код дублируется. Нам бы хотелось, чтобы этот `try/catch` и вывод были написаны в одном месте, а мы туда могли бы передавать различные тестовые функции, и они бы там выполнялись, и исключения бы от них ловились, всё бы работало. В C++ это можно сделать, ведь функции имеют тип и их можно передавать в другие функции как аргумент. Создадим шаблон функции `RunTest`, который будет запускать тесты и ловить исключения.

```
...
template <class TestFunc>

void RunTest(TestFunc func, const string& test_name) { // передаём тест и его имя
    try {
        func();
    } catch (runtime_error& e) {
        cerr << test_name << " fail: " << e.what() << endl; // ловим исключение
    }
}

int main() { // когда передаём функцию как параметр, передаём только её имя без скобочек
    RunTest(TestAreSynonyms, "TestAreSynonyms");
    RunTest(TestCount, "TestCount");
    RunTest(TestAddSynonyms, "TestAddSynonyms");
}
```

Заметим, что все тесты работают в любом порядке. Таким образом, мы с вами применили шаблон функций, для того чтобы передавать в качестве параметров функции другие функции, и смогли за счет этого написать универсальный такой шаблон, который для любого юнит-теста ловит исключения и позволяет нам все юнит-тесты, которые мы написали, выполнять при каждом запуске нашей программы.

## Избавляемся от смешения вывода тестов и основной программы

Добавим в `RunTest` ещё одну удобную вещь: будем выводить OK снаружи каждого юнит-теста.

```
void RunTest(TestFunc func, const string& test_name) {
    try {
        func(); // заменим cout на cerr - стандартный поток ошибок
        cerr << test_name << " OK" << endl; // выводит OK, если всё работает
    } catch (runtime_error& e) {
        cerr << test_name << " fail: " << e.what() << endl; // fail, если ошибка
    }
}
```

Всё это время сам алгоритм решения задачи «Синонимы» (который всё это время был закомментирован), всё ещё хорошо работает. Вот он сам:

```
int main() { // когда передаём функцию как параметр, передаём только её имя без скобочек
    RunTest(TestAreSynonyms, "TestAreSynonyms");
    RunTest(TestCount, "TestCount");
    RunTest(TestAddSynonyms, "TestAddSynonyms");
    int q;
    cin >> q;
    Synonyms synonyms;
    for (int i = 0; i < q; ++i) {
        string operation_code;
        cin >> operation_code;
        if (operation_code == "ADD") {
            string first_word, second_word;
            cin >> first_word >> second_word;
            AddSynonyms(synonyms, first_word, second_word);
        } else if (operation_code == "COUNT") {
            string word;
            cin >> word;
        }
    }
}
```

```

    cout << GetSynonymCount(synonyms, word) << endl;
} else if (operation_code == "CHECK") {
    string first_word, second_word;
    cin >> first_word >> second_word;
    if (AreSynonyms(synonyms, first_word, second_word)) {
        cout << "YES" << endl;
    } else {
        cout << "NO" << endl;
    }
}
}
}
}

```

Вся проблема в том, что и юнит-тесты, и сама программа выводят в стандартный вывод. Пусть юнит-тесты выводят в `stderr` (стандартный поток ошибок). По окраске вывода в Eclipse можно отличать **стандартный вывод**, **стандартный ввод** и **стандартный поток ошибок**.

Вывод: **TestAreSynonyms OK**, **5 TestAddSynonyms OK**, **TestCount OK**, **1**, **COUNT a**, **0**. Теперь не нужно окружать комментарием эти части кода перед отправкой, ведь они всё равно не повлияют на работу самой программы.

## Обеспечиваем регулярный запуск юнит-тестов

Мы хотим, чтобы юнит-тесты были автоматическими, и их код находился где-то отдельно. Кроме того, стоит считать ошибки, чтобы если существует хоть одна, то программа не ждала получения данных от пользователя. Таким образом, мы хотим:

1. Запускаем тесты при старте программы. Если хоть один тест упал, программа завершается;
2. Если все тесты прошли, то должно работать решение самой задачи.

Для этого обернём наш шаблон `RunTest` в класс `TestRunner`:

```

class TestRunner { // класс тестирования
public:
    template <class TestFunc>
    void RunTest(TestFunc func, const string& test_name) {

```

```

    try { // RunTest стал шаблонным методом класса
        func();
        cerr << test_name << " OK" << endl;
    } catch (runtime_error& e) {
        ++fail_count; // увеличиваем счётчик упавших тестов
        cerr << test_name << " fail: " << e.what() << endl;
    }
}

~TestRunner() { // деструктор класса TestRunner, в котором анализируем fail_count
    if (fail_count > 0) { //это как раз тот момент, когда
        cerr << fail_count << " unit tests failed. Terminate" << endl;
        exit(1); // завершение программы с кодом возврата 1
    }
}

private:
    int fail_count = 0; // счётчик числа упавших тестов
};

void TestAll() { // переместили все тесты в одну функцию
    TestRunner tr;
    tr.RunTest(TestAddSynonyms, "TestAddSynonyms");
    tr.RunTest(TestCount, "TestCount");
    tr.RunTest(TestAreSynonyms, "TestAreSynonyms");
}

int main() {
    TestAll(); // т.к. мы деструктор класса объявили в самом классе,
    ...} // выполняется он в конце TestAll

```

Теперь, если мы словили хоть одну ошибку, то программа перестанет выполняться с кодом возврата 1. Если же ничего плохого не произошло, то мы можем ввести число команд и сами команды.

## Собственный фреймворк юнит-тестов. Итоги

Подведём итоги написания собственного фреймворка. Его основные свойства:

- Если срабатывает `assert`, в консоль выводятся его аргументы (работает для контейнеров);
- Вывод тестов не смешивается с выводом основной программы;

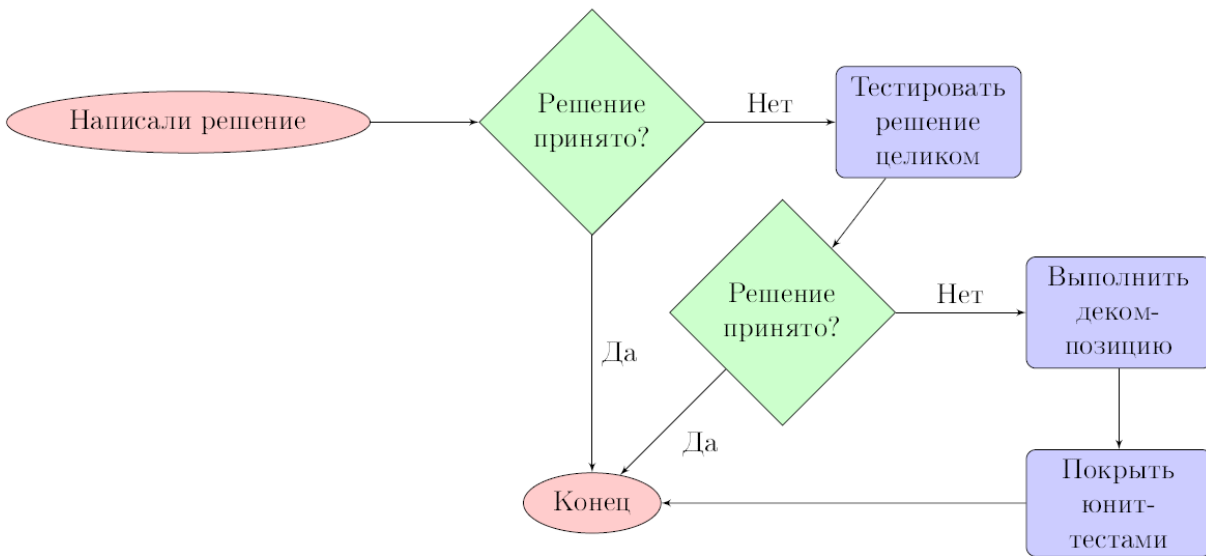
- При каждом запуске программы выполняются все юнит-тесты;
- Если хотя бы один тест упал, программа завершится с ненулевым кодом возврата.

Для того, чтобы пользоваться фреймворком, надо написать:

```
void TestSomething() { // функция, что-то тестирующая
    AssertEqual(..., ...);
    // выполняем какие-то проверки с помощью AssertEqual
}
void TestAll() {
    TestRunner tr;
    tr.RunTest(TestSomething, "TestSomething")
    // вызываем методом RunTest
}
int main() {
    TestAll(); // должна быть до самой программы
} // код фреймворка выложен рядом с видео
```

## Общие рекомендации по декомпозиции программы и написанию юнит-тестов

Общий алгоритм решения задач с помощью декомпозиции и юнит-тестов:



Но кроме этой схемы, стоит выполнять декомпозицию задачи по ходу написания самого кода. Декомпозицию лучше делать сразу:

- Отдельные блоки проще реализовать и вероятность допустить ошибку ниже;
- Их проще тестировать, соответственно, выше вероятность найти ошибку или убедиться в её отсутствии;
- В больших проектах декомпозиция упрощает понимание и переиспользование кода;
- Уже реализованные функции можно брать и использовать в другом месте;
- Сама декомпозиция иногда защищает от ошибок.

Вспомним задачу «Уравнение» из курса «C++: белый пояс». Нужно было найти все различные действительные корни уравнения  $Ax^2 + By^2 + C = 0$ . Гарантируется, что  $A^2 + B^2 + C^2 > 0$ . Монолитное решение могло выглядеть так:

```

#include <cmath>
#include <iostream>
using namespace std;
int main() {

```

```
double a, b, c, D, x1, x2;
cin >> a >> b >> c;
D = b * b - 4 * a * c;
if ((a == 0 && c == 0) || (b == 0 && c == 0)) {
    cout << 0;
} else if (a == 0) {
    cout << -(c / b); // тут ошибка. Если b == 0, мы всё равно разделим на 0
} else if (b == 0) {
    cout << " ";
} else if (c == 0) {
    cout << 0 << " " << -(b / a);
} else if (D < 0) {
    cout << " ";
} else if (D == 0) {
    x1 = ((-1 * b) + sqrt(D)) / (2 * a);
    cout << x1;
} else if (D > 0) {
    x1 = ((-1 * b) + sqrt(D)) / (2 * a);
    x2 = ((-1 * b) - sqrt(D)) / (2 * a);
    cout << x1 << " " << x2;
}
return 0;
}
```

Быстро просмотрев этот код, сложно понять, работает он или нет. А в нём есть ошибка, которую из-за монолитности кода сложно заметить сразу. Теперь рассмотрим декомпозированное решение той же задачи:

```
#include <cmath>
#include <iostream>
using namespace std;

void SolveQuadraticEquation(double a, double b, double c) {
    // ... тут решение гарантированного квадратного уравнения
}

void SolveLinearEquation(double b, double c) {
    // b * x + c = 0
    if (b != 0) { // тут не забыли проверить деление на 0
        cout << -c / b;
    }
}
```

```
}

int main() {
    double a, b, c;
    cin >> a >> b >> c;
    if (a != 0) { // точно знаем, что уравнение квадратное
        SolveQuadraticEquation(a, b, c);
    } else { // просто решаем линейное
        SolveLinearEquation(b, c);
    }
    return 0;
}
```

Юнит-тесты тоже лучше делать сразу. Причины:

- Разрабатывая тесты, вы сразу продумываете все варианты использования вашего кода и все крайние случаи входных данных;
- Тесты позволяют вам сразу проконтролировать корректность вашей реализации (особенно актуально для больших проектов);
- В больших проектах обширный набор тестов позволяет убедиться, что вы ничего не сломали во время дополнения кода.