МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В. Г. ШУХОВА»
(БГТУ им. В.Г. Шухова)**

Кафедра программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем

Лабораторная работа №21

по дисциплине: Основы программирования
тема: «Исключения»

Выполнил: ст. группы ПВ-223
Пахомов Владислав Андреевич

Проверили:
Притчин Иван Сергеевич
Черников Сергей Викторович

Код-ревьер: ст. группы ПВ-223
Голуцкий Георгий Юрьевич

Белгород 2023 г.

Лабораторная работа № 21

Содержание отчёта:

- Тема лабораторной работы.
- Цель лабораторной работы.
- Тексты заданий с набранными фрагментами кода к каждому из пунктов и ответами на вопросы по ходу выполнения работы.
- Работа над ошибками (код ревью)
- Вывод по работе.

Тема лабораторной работы: Исключения

Цель лабораторной работы: получение навыков работы с исключениями, осознание необходимости данных языковых средств.

Задания к лабораторной работе

В процессе запуска программ, взаимодействуя с ней, могут происходить различные нештатные ситуации: выход за пределы массива, некорректные аргументы, получаемые функциями и т. п.. Данные ситуации называются исключительными. Есть несколько способов, как вы можете реагировать на это:

1. Не реагировать. Умолчать об ошибке. Что будет, если мы умолчим о выходе за пределы массива? Это является неопределенным поведением и может произойти что угодно:
    a. Программа завершится с ошибкой
    b. Программа благополучно отработает и выдаст правильный результат.
    c. Программа отработает и выдаст какой-нибудь результат: число, строку, может изобрести искусственный интеллект, активировать SkyNet и уничтожить человечество (да, у нас опасная работа!).
2. Остановить работу программы во избежание рисков, описанных выше. Использовать `exit`.
3. Вывести сообщение об ошибке (если кому-то от этого легче)
4. Использовать специальные языковые средства, для обработки исключений

Ещё примеры исключительных ситуаций:

- деление на ноль
- нехватка оперативной памяти при использовании оператора `new` для её выделения (или другой функции)
- доступа к элементу массива за его пределами (ошибочный индекс)
- переполнение значения для некоторого типа
- взятие корня из отрицательного числа

В языке C++ **исключения** – это специальные объекты класса или значения базового типа, которые описывают (определяют) конкретную исключительную ситуацию и соответствующим образом обрабатываются.

- Рассмотрим всё же плохой сценарий обработки (вывод сообщения). Самостоятельно наберите пример ниже и опишите его поведение при b = 0 и b != 0

```
#include <iostream>

int division(int a, int b) {
    if (b != 0)
        return a / b;
```

```
    else
        std::cerr << "b must not be equal to 0" << std::endl;
}

int main() {
    int a, b;
    std::cin >> a >> b;

    auto res = division(a, b);
    std::cout << res;

    return 0;
}
```

При b != 0 программа корректно выводит целочисленный результат деления a/b
При b = 0 программа выводит сообщение об ошибке `b must not be equal to 0` и затем выводит `1`, иногда в обратном порядке: сначала число, потом сообщение об ошибке

Какие недостатки вы можете выделить?
Программа всё равно пытается вывести результат деления, даже если оно невозможно.

- Каким образом функция `main` из прошлого примера поймёт, что что-то в функции `division` пошло не так? Да, вы можете сказать, что это было известно ещё до вызова функции. Однако заранее знать ситуации, при которых могут возникнуть исключительные ситуации не всегда возможно. Функция `division` хотела бы как-нибудь информировать `main` о том, что произошла проблема. Она могла бы делать это при помощи возвращаемого значения.

```
#include <iostream>

bool division(int a, int b, int &res) {
    if (!b) return false;

    res = a / b;
    return true;
}

int main() {
    int a, b;
    std::cin >> a >> b;

    int res;
    if (division(a, b, res))
        std::cout << res;
    else
        std::cerr << "b must not be equal to 0" << std::endl;

    return 0;
}
```

Выделите недостатки.
Текущее решение довольно громоздкое, при вызове функции division логично получить результат деления, а не bool. Не совсем логичен с первого взгляда третий параметр функции division.

- Для сигнализирования исключительной ситуации в языке программирования C++ используется ключевое слово `throw`

```
#include <iostream>
#include <string>

int division(int a, int b) {
    if (!b) throw std::string("Division by zero");

    return a / b;
}

int main() {
    int a, b;
    std::cin >> a >> b;

    auto res = division(a, b);
    std::cout << res;

    return 0;
}
```

За которым следует исключение.

Проверьте работу функции `main` с данным примером. Результат приложите.

При b != 0 программа корректно выводит целочисленный результат деления a/b

```
/Users/vlad/Desktop/C/programming-and-algorithmization-basics/cmake-build-debug/bin/lab20_taskc
24 6
4
Process finished with exit code 0
```

При b = 0 программа выводит сообщение об ошибке и завершается с ошибкой

```
/Users/vlad/Desktop/C/programming-and-algorithmization-basics/cmake-build-debug/bin/lab20_taskc
24 0
libc++abi: terminating with uncaught exception of type std::__1::basic_string<char, std::__1::char_traits<char>, std::__1::allocator<char> >

Process finished with exit code 134 (interrupted by signal 6: SIGABRT)
```

- throw прокидывает исключение вызывающей стороне. Считается, что она (вызывающая сторона) каким-то образом знает, как обработать данную исключительную ситуацию на основании полученного исключения. Для перехвата исключения используется конструкция вида:

```
try {
    // тело блока try.
    // В нём могут располагаться произвольные операторы
}
catch( тип1 идентификатор1 )
{
    // тело блока catch
}
catch( тип2 идентификатор2 )
{
    // тело блока catch
}
...
catch( типN идентификаторN )
{
    // тело блока catch
}
```

Если в блоке `try` генерируется соответствующая исключительная ситуация, то она перехватывается подходящим блоком `catch`. Выбор того или иного блока `catch` осуществляется в зависимости от типа исключительной ситуации. После возникновения исключительной ситуации определенного типа, вызывается блок `catch` с соответствующим типом аргумента.
Если в блоке `try` возникнет исключительная ситуация, которая не предусмотрена блоком `catch`, то вызывается стандартная функция `terminate()`, которая по умолчанию вызовет функцию `abort()`. Эта стандартная функция останавливает выполнение программы.
В блоке `catch` часто выполняются следующие действия:

- Выводится сообщение об ошибке в поток.
- Ошибка может быть прокинута дальше в вызывающий код.
- Осуществлён возврат значения для вызывающей функции.

Ознакомьтесь с примерами (наберите, опишите поведения):

```
#include <iostream>

int division(int a, int b) {
    if (!b) throw std::string("Division by zero");

    return a / b;
}

int main() {
    int a, b;
    std::cin >> a >> b;

    try {
        auto res = division(a, b);
        std::cout << res;
    } catch (const std::string &s) {
        std::cerr << s;
    }

    return 0;
}
```

При b != 0 программа корректно выводит целочисленный результат деления a/b
При b = 0 программа выводит сообщение об ошибке и завершается без ошибки.

На самом деле, вы можете использовать более короткий пример, чтобы убедиться в том, что исключения перехватываются блоком `catch` (наберите, опишите поведение):

```
#include <iostream>

int main() {
    try {
        throw 42;

        std::cout << "Success";
    } catch (int a) {
        std::cerr << a;
    }
```

```
    return 0;
}
```

В консоль выводится число 42, программа завершается без ошибки.

Механизм перехвата исключения следующий:

- Генерируется исключение
- Точка выполнения немедленно переходит к ближайшему блоку `try` внутри которого располагался код, в результате которого произошла исключительная ситуация.
- Затем проверяются обработчики `catch` на соответствие типу исключения. Если обработчик найден, исключение обрабатывается, иначе передаётся дальше (функции, которая вызвала эту функцию, вдруг е неё есть соответствующий обработчик `catch`).

- На основании описания поведения абзацем выше объясните, каким образом работает данный фрагмент

```
#include <iostream>

void f1() {
    throw std::string("ERROR!!!");
}

void f2() {
    try {
        f1();
    } catch (int a) {
        std::cerr << "CATCH IN F2";
        std::cerr << "(" << a << ")";
    }
}

int main() {
    try {
        f2();
    } catch (std::string &s) {
        std::cerr << "CATCH IN MAIN";
        std::cerr << "(" << s << ")";
    }

    return 0;
}
```

1) При выполнении f1 генерируется исключение
2) Точка выполнения переходит к try внутри которого было сгенерировано это исключение (9 линия)
3) Проверяются обработчики catch, среди них нет обработчика, обрабатывающего std::string, поэтому исключение прокидывается дальше в main
4) Точка выполнения переходит к try на 18 линии.
5) Проверяются обработчики catch, среди них есть обработчик, удовлетворяющий типу ошибки std::string, поэтому будут выполнены команды на 20-21 линиях.

6) main продолжит своё выполнение, программа успешно завершится, и жили они долго и счастливо.

- Напишите фрагмент кода, который выбирает необходимый `catch` в зависимости от типа исключения (конструкцию с несколькими блоками `catch`).

```cpp
#include <iostream>

int main() {
    try {
        int errorType;
        std::cin >> errorType;

        switch (errorType) {
            case 0:
                throw 42;
            case 1:
                throw 42ULL;
            case 2:
                throw std::string("42");
            default:
                throw std::vector<int>(42, 42);
        }
    } catch (int &error) {
        std::cerr << "You've been int excepted!" << std::endl;
    } catch (unsigned long long &error) {
        std::cerr << "You've been unsigned long long excepted!" << std::endl;
    } catch (std::string &error) {
        std::cerr << "You've been string excepted!" << std::endl;
    } catch (std::vector<int> &error) {
        std::cerr << "You've been vector excepted!" << std::endl;
    }

    return 0;
}
```

- Напишите фрагмент кода в котором выкидывается исключение, но никак не обрабатывается. Опишите наблюдаемое поведение.

```cpp
#include <iostream>

int main() {
    try {
        throw false;
    } catch (int &error) {
        std::cerr << "You've been int excepted!" << std::endl;
    } catch (unsigned long long &error) {
        std::cerr << "You've been unsigned long long excepted!" << std::endl;
    } catch (std::string &error) {
        std::cerr << "You've been string excepted!" << std::endl;
    } catch (std::vector<int> &error) {
        std::cerr << "You've been vector excepted!" << std::endl;
    }

    return 0;
}
```

В консоль выводится сообщение об ошибке, программа завершается с ошибкой

```
/Users/vlad/Desktop/C/programming-and-algorithmization-basics/cmake-build-debug/bin/lab20_taskg
libc++abi: terminating with uncaught exception of type bool

Process finished with exit code 134 (interrupted by signal 6: SIGABRT)
```

- Можно перехватывать исключения любого типа используя такой синтаксис:

```
try {
    // блок кода с потенциальной ошибкой
} catch (...) {

}
```

Сгенерируйте какое-нибудь исключение и проверьте, что решение через ... работает.

```
#include <iostream>

int main() {
    try {
        throw false;
    } catch (int &error) {
        std::cerr << "You've been int excepted!" << std::endl;
    } catch (unsigned long long &error) {
        std::cerr << "You've been unsigned long long excepted!" << std::endl;
    } catch (std::string &error) {
        std::cerr << "You've been string excepted!" << std::endl;
    } catch (std::vector<int> &error) {
        std::cerr << "You've been vector excepted!" << std::endl;
    } catch (...) {
        std::cerr << "You've been ... excepted!" << std::endl;
    }

    return 0;
}
```

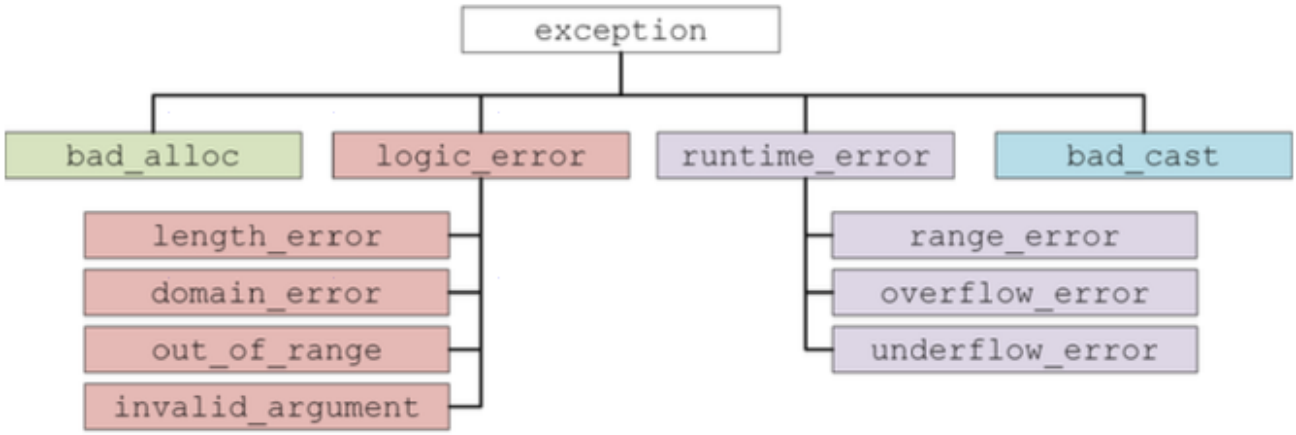
```
/Users/vlad/Desktop/C/programming-and-algorithmization-basics/cmake-build-debug/bin/lab20_taskh
You've been ... excepted!

Process finished with exit code 0
```

- Оператор `throw` может и не содержать параметров. Он используется тогда, когда возникает необходимость прокинуть исключение дальше. В примере ниже функция f() с какой-то вероятностью не может выделить память. Предположим, если память не смогла быть выделена, наша программа должна освободить память под все ранее выделенные объекты, и при этом main должен узнать, что произошла ошибка:

```
#include <iostream>
#include <vector>
#include <ctime>

#define SUCCESS_PROB 0.95

int* getmem(float successProb) {
    float r = static_cast<float>(rand()) / static_cast<float>(RAND_MAX);

    if (r > successProb)
        throw std::bad_alloc();
```

```
    return new int[10];
}

std::vector<int*> getParts(int amountParts, float successProb) {
    std::vector<int*> parts;

    for (int i = 0; i < amountParts; i++) {
        try {
            parts.push_back(getmem(successProb));
        } catch (const std::bad_alloc &e) {
            std::clog << "free dynamic memory\n";

            for (auto &part : parts)
                delete[] part;

            throw;
        }
    }

    return parts;
}

int main() {
    srand(time(nullptr));

    try {
        auto parts = getParts(10, SUCCESS_PROB);
        std::cout << "Success!";
    } catch (const std::exception &e) {
        std::cerr << e.what();
    }

    return 0;
}
```

- Как выше было замечено, перехватывалась переменная класса `exception`. Все стандартные исключения наследуются от него



Из этой схемы следует, что если вы выкинете исключение `out_of_range`, то оно может быть перехвачено в блоке `catch` переменными типа `logic_error` и `exception`

```
#include <iostream>

int main() {
```

```
    try {
        throw std::logic_error("<Error description>");
    } catch (const std::exception &e) {
        std::cerr << e.what();
    }

    return 0;
}
```

Перехватите исключение `out_of_range` при помощи `logic_error`. Чтобы исключение сгенерировалось более осмысленно, создайте вектор размера n, и обратитесь к элементу вектора при помощи метода `.at()`, допуская выход за пределы массива. Напишите код таким образом, чтобы при каких-то значениях исходных данных исключение выкидывалось, а при каких-то – нет.
Приложите написанный код, результат работы программы, когда исключение было и не было возбуждено.
В задании к пункту опишите, когда именно выбрасываются исключения классов, представленных на схеме.

```
#include <vector>
#include <iostream>
#include <ctime>

int main() {
    srand(time(nullptr));
    rand();

    try {
        size_t n = 42;
        std::vector<int> arr(n, 42);

        std::clog << "Now I gotta get the last element of array in C++\n";

        float r = static_cast<float>(rand()) / static_cast<float>(RAND_MAX);

        if (r > 0.5) {
            std::clog << "I suppose arrays here are starting at 0, so answer is:
\n";
            std::clog << arr.at(n - 1);
        } else {
            std::clog << "I suppose arrays here are starting at 1, so answer is:
\n";
            std::clog << arr.at(n);
        }
    } catch (std::logic_error &e) {
        std::cerr << "My worst mistake ever caused by " << e.what();
    }

    return 0;
}
```

```
/Users/vlad/Desktop/C/programming-and-algorithmization-basics/cmake-build-debug/bin/lab20_taskk
Now I gotta get the last element of array in C++
I suppose arrays here are starting at 0, so answer is:
42
Process finished with exit code 0
```

```
/Users/vlad/Desktop/C/programming-and-algorithmization-basics/cmake-build-debug/bin/lab20_taskk
Now I gotta get the last element of array in C++
I suppose arrays here are starting at 1, so answer is:
My worst mistake ever caused by vector
Process finished with exit code 0
```

- bad_alloc – выбрасывается при невозможности выделить память
- logic_error – базовое исключение, которое служит для описания ошибок, которые могут быть обнаружены до выполнения программы, таких как нарушение логических предварительных условий
    - length_error – исключение выбрасываемое при попытке создать слишком длинный объект
    - domain_error - исключение выбрасываемое при ошибках домена (области определения)
    - out_of_range - исключение выбрасываемое при условии что аргумент выходит за пределы допустимого диапазона
    - invalid_argument - исключение выбрасываемое при невалидном аргументе
- runtime_error - базовое исключение, которое служит для описания ошибок, которые не могут быть обнаружены до выполнения программы
    - range_error - исключение выбрасываемое при ошибках диапазона
    - overflow_error - исключение выбрасываемое при переполнении
    - underflow_error - исключение выбрасываемое при невозможности выразить число ввиду недостаточной точности на которую способен процессор, память
- bad_cast - исключение выбрасываемое при невозможности привести значение одного типа к другому типу (яблоки привести к кирпичу)

- Пусть есть некоторая функция, которая возвращает фрагмент свободной динамической памяти:

```
int* getmem(size_t partSize) {
    return new int[partSize];
}
```

Напишите функцию
`vector<int*> getParts(int nParts, size_t partSize)`
которая по окончании своей работы должна вернуть вектор указателей на выделенные фрагменты памяти. Если память выделить при помощи new не удалось, будет выброшен bad_alloc, который должен быть перехвачен в main.

```
#include <iostream>
#include <vector>
#include <ctime>

int* getmem(size_t partSize) {
    return new int[partSize];
}

std::vector<int*> getParts(int amountParts, size_t partSize) {
    std::vector<int*> parts;
```

```
    for (int i = 0; i < amountParts; i++) {
        try {
            parts.push_back(getmem(partSize));
        } catch (const std::bad_alloc &e) {
            std::clog << "free dynamic memory\n";

            for (auto &part : parts)
                delete[] part;

            throw;
        }
    }

    return parts;
}

int main() {
    srand(time(nullptr));

    try {
        auto parts = getParts(10, 10000000000000000);
        std::cout << "Success!";
    } catch (const std::exception &e) {
        std::cerr << e.what();
    }

    return 0;
}
```

Вывод: в ходе лабораторной работы получили навыки работы с исключениями, осознали необходимость данных языковых средств.