

## Задание №3 практикума по C++

(в поддержку курса «Проектирование и программирование на C++»)

Напишите библиотеку, с помощью которой можно будет вычислять значения и производную функции одной переменной. *Основные* функции, которые должны представляться в виде объектов:

- тождественная функция,
- вещественная константа,
- степенная функция,
- экспонента,
- полином.

Библиотека должна поддерживать (путем переопределения операторов) арифметические выражения, которые собираются из таких объектов и арифметических операций над ними. При этом необходимо генерировать исключения `std::logic_error` в случае передачи в арифметические операции объектов с другими типами. Также у *основных* функций должны поддерживаться методы `ToString`, возвращающие строковое представление функции.

Очередность:

1. Реализуйте иерархию классов *основных* функций. Базовый класс `TFunction` из этой иерархии хранит функторы для вычисления функции, ее производной (реализуется в п. 3), а также фабрику по созданию таких *основных* функциональных объектов. Создание объекта должно задаваться строковым параметром `type`, который принимает значения из множества `{"ident", "const", "power", "exp", "polynomial"}`, а также параметром, необходимым для определения функции выбранного типа, например: значение вещественной константы, показатель степенной функции.

2. Реализуйте переопределенные двухпозиционные операторы `("+", "-", "*", "/")` для поддержки арифметических выражений.

Важно: результат применения оператора к паре объектов-функций `TFunction` – это `TFunction`, представляющий собой «композицию» этих функций посредством соответствующей арифметической операции; к нему также можно применять операторы, тем самым строя сложные выражения. Значение выражения вычисляется при передаче значения переменной в объект `TFunction`, соответствующий этому выражению.

3. Реализуйте метод, рассчитывающий в заданной точке производную функции, заданную арифметическим выражением  $f(x)$  с одной переменной.

4. Реализуйте функцию, которая принимает на вход арифметическое выражение  $f(x)$  с одной переменной и находит корень уравнения  $f(x) = 0$  методом градиентного спуска. Проверять сходимость не надо. Число итераций градиентного спуска должно быть параметром функции.

*// пример работы с библиотекой, схематично:*

```
std::vector<TFunctionPtr> cont;
auto f = funcFactory.Create("power", 2); // PowerFunc x^2
cont.push_back(f);
auto g =
    funcFactory.Create("polynomial", {7, 0, 3, 15}); // TPolynomial 7 + 3*x^2 + 15*x^3
cont.push_back(g);
for (const auto ptr : cont) {
    std::cout << ptr->ToString() << " for x = 10 is " << (*ptr)(10) << std::endl;
}
auto p = *f + *g;
p.GetDeriv(1); // 15
auto h = *f + "abc"; // std::logic_error
f->GetDeriv(3); // 6
```

Каждый из пунктов 1 – 4 должен обязательно сопровождаться набором тестов, написанных с использованием `gmock/gtest`. Тестировать нужно создание объектов, генерацию ошибок, вычисление значений базовых функций и арифметических выражений (с различными операциями), формирование строкового представления, вычисление производной, поиск корня методом градиентного спуска (например, для квадратного уравнения с целыми корнями).

Замечания.

- (1) Метод `ToString` достаточно поддержать только у *основных* функций.
- (2) Сложение двух полиномов *не требует* специальных представлений со сложением соответствующих коэффициентов (т.е. преобразования суммы полиномов к единственному полиному), аналогично для умножения полинома на константу и иных случаев, когда результат выполнения операции может быть с *математической точки зрения* преобразован в основную функцию.
- (3) Производную функции нужно уметь *вычислять* в точке, нет необходимости реализовывать производную как `TFunction` и выполнять символьное дифференцирование.
- (4) Необходимо продумать иерархию классов *основных* функций, чтобы правильно их создавать и приводить к строковому виду.
- (5) О паттерне «фабрика» можно почитать здесь:  
[https://mk.cs.msu.ru/images/5/57/Lecture\\_pbscpp\\_8.pdf](https://mk.cs.msu.ru/images/5/57/Lecture_pbscpp_8.pdf)
- (6) Вопросы по заданию следует направлять Владимиру Коноводову ([vkonovodov@gmail.com](mailto:vkonovodov@gmail.com)), копия – Василию Балашову ([hbd@cs.msu.ru](mailto:hbd@cs.msu.ru)) и Алексею Сальникову ([alexey.salnikov@gmail.com](mailto:alexey.salnikov@gmail.com)).

Стоимость пунктов задания (\* – необязательный пункт):

Пункт	Баллы
1. Основные функции	3
2. Арифметические выражения	3
3. Вычисление производной (*)	2
4. Поиск корня (*)	2

Напоминаем, что при поиске корня градиентным методом используется производная.