

# C++

---

## Атрибуты

---

### C++11

---

`[[noreturn]]`

Функция помеченная так не должна возвращать поток управления.

`[[carries_dependencies]]`

Атрибут связан с моделями памяти.

### C++14

---

`[[deprecated]]`

Атрибут позволяет разметить устаревший код, вызывая warning'и при его использовании.

```
struct [[deprecated]] Name;
[[deprecated]] typedef S* pS;
using PS [[deprecated]] = S*;
[[deprecated]] int x;
union U { [[deprecated]] int n; }
[[deprecated]] void f();
namespace [[deprecated]] {NS { int x; }
enum [[deprecated]] E {};}
enum E { a [[deprecated]], b [[deprecated]] = 1 };
template < > struct [[deprecated]] X<int> {};
```

### C++17

---

`[[fallthrough]]`

Используется для switch блоков, сообщая что оператор break не был пропущен по ошибке.

```
switch (x)
{
    case 1:
        [[fallthrough]] //No warning
    case 2:
        break;
    case 3: //Warning
```

```

    case 4:
        break;
}

```

[[nodiscard]]

Атрибут требует чтобы результат функции не был проигнорирован.

```

[[nodiscard]] bool isEmpty() { ... }

bool status = isEmpty(); //No warning

isEmpty(); //Warning - результат возвращаемый функцией проигнорирован

```

[[maybe\_unused]]

Атрибут убирает warning от неиспользуемых аргументов\переменных\функций итд.

```

struct [[maybe_unused]] S;
[[maybe_unused]] typedef S* PS;
using PS [[maybe_unused]] = S*;
[[maybe_unused]] int x;
union U { [[maybe_unused]] int n; };
[[maybe_unused]] void f();
enum [[maybe_unused]] E {};
enum { A [[maybe_unused]], B [[maybe_unused]] };

```

## Lambda

---

### C++11

---

Анонимные функции, вызываемого типа `std::function`, могут использоваться в STL.

Общий вид:

```

auto lamda = [capture-list](arguments) mutable -> ret_type
{
    ...
}; //Создание

//Если не указывать mutable - по дефолту он не включен

lambda(arguments); //Вызов

```

Списки захвата:

```
[ ] // ничего не захватывается  
[=] // локальные переменные по значению  
[&] // локальные переменные по ссылке  
[this] // this по ссылке  
[a, &b] // захват отдельных переменных, по значению и ссылке
```

## C++14

---

Дополнены правила списка захвата:

```
[&r = x, x = x + 1]  
//в lambda можно захватить ссылку, и назвать её как удобно, и можно использовать  
выражение для инициализации переменной  
  
[x = factory(2)]  
[p = std::move(p)]  
  
//Пример генератора  
auto generator = [x = 0]() mutable { return x++; }  
int a = generator(); // == 0  
int b = generator(); // == 1
```

Так же перестал быть необходим trailing return type, для возвращаемого типа auto.

Были введены генерализированные lambdas, когда аргументы указаны типа auto.

## C++17

---

Добавлена возможность захвата текущего объекта по копии, а не по ссылке.

```
[*this]
```

Необходим спецификатор mutable, для того чтобы иметь возможность вызывать неконстантные версии функций класса.

## POD-type

---

Plain old data - структура размещающаяся в памяти таким образом, как её описал программист, исключая оптимизации. Это может быть необходимо для передачи данных в другие языки программирования.

POD = Тривиальный класс + Класс со стандартным размещением

Тривиальный класс:

- `T() = default;`
- `T(const T&) = default;`
- `T& operator=(const T&) = default;`
- `T(T&&) = default;`
- `T& operator=(T&&) = default;`
- `~T() = default;`
- Нет виртуальных методов и виртуального наследования
- Все нестатические поля тривиальны
- Все базовые классы тривиальны(при наличии)

Класс со стандартным размещением:

- Все нестатические поля имеют одинаковый доступ `private\public\protected`
- Нет виртуальных методов и вирт. наследования
- Нет нестатических полей-ссылок
- Все нестатические поля и базовые классы со стандартным размещением
- Все нестатические поля объявлены в одном классе в иерархии наследования
- Нет базовых классов того же типа, что и первое нестатическое поле

## auto/decltype

---

`auto` - возможность замена типа на `auto`.

Примеры типов: переменной, возвращаемого значения функции, и шаблоных аргументов.

`decltype()` - позволяет выводить тип переменной или выражения.

## C++11

---

Особенности работы `auto`:

```
int bar();

auto i = 0; //int
auto ui = 0u; //unsigned int
volatile auto ci = i; //volatile int
const volatile auto cvi = i; // const volatile int
auto j = cvi; //int

auto& ri = i; //int &
const auto& cri = i; //const int&

auto&& fri = i; // int &
auto&& fcvi = cvi; // const int &
```

```
auto &&frv = 0; // int &&  
auto &&frvf = bar(); // int &&
```

## Альтернативный синтаксис шаблонных функций

Позволяет выводить возвращаемый тип шаблонной функции.

```
template <typename T1, typename T2>  
auto sum(const T1& lhs, const T2& rhs) -> decltype(lhs + rhs)  
{  
    return lhs + rhs;  
}
```

## C++14

---

Не нужен trailing return type, достаточно auto, Можно реализовать функцию факториал с возвращаемым типом auto, но факториал от нуля должен быть определён до рекурсивного использования этой функции.

Так же было осуществленно послабление, теперь внутри decltype() можно указывать не выражение\переменную, а auto.

Примеры:

```
double foo();  
double&& bar();  
  
double v1 = 0.0; //double  
const double& v2 = v1; //const double &  
  
decltype(auto) v3 = v1; //double  
decltype(auto) v4 = (v1); //double&  
decltype(auto) v5 = v2; //const double&  
  
decltype(auto) v6 = foo(); //double  
decltype(auto) v7=bar(); //double &&
```

## Literals

---

## C++11

---

### Строковые литералы

```
//Было до C++11

"Text" //char
L"Text" //wchar_t

//Появилось в C++11 - utf

u8"Text" //char - utf8
u"Text" //char16_t
U"Text"//char32_t

//Сырые строки обрамляются в ( ) в "" и могут иметь произвольны delemiter
R"delimiter( raw string )delimiter"
LR"delimiter( raw string )delimiter"
u8R"delimiter( raw string )delimiter"
uR"delimiter( raw string )delimiter"
UR"delimiter( raw string )delimiter"
```

## Пользовательские литералы

Пример пользовательского литерала преобразования радиан в градусы.

```
long double operator""_degrees(long double value)
{
    return value * M_PI / 180.0;
}

double degrees = 0.38__degrees
```

Список возможных аргументов, при определении пользовательского литерала:

```
( const char * )
( unsigned long long int )
( long double )
( char )
( wchar_t )
( char16_t )
( char32_t )
( const char * , std::size_t )
( const wchar_t * , std::size_t )
( const char16_t * , std::size_t )
( const char32_t * , std::size_t )
```

## C++14

### Строковый литерал

```
std::string from_literal = "some string"s;
```

## Бинарные литералы

```
int a = 0b111; // == 7  
int b = 0B11; // == 3
```

## Разделители числовых литералов

```
int a = 1'000'000;  
int b = 3.14'15'92'65;
```

## STL литералы

```
auto half_minute = 30s; // std::chrono::duration  
auto day = 24h; // std::chrono::duration  
  
auto complex = 1 + 1i; //std::complex
```

# Initialization

---

## C++11

---

### Универсальная инициализация

Везде можно использовать {}:

```
// До C++11  
  
int a;           //(1) default init  
int b(2);        //(2) direct init  
int c = 2;       //(3) copy init  
int d = int();   //(4) value init  
int arr[] = {1, 2, 3}; //(5) aggregate init  
  
struct Point { double x, y; } point (0.0, 0.0); //(5)  
std::complex<double> cml(0.0, 0.0); //(2)  
std::complex<double> c2 = std::complex<double>(0.0, 0.0); //(3)
```

```
// Начиная с C++11 можно везде {}

int a;
int b{2};
int c = {2};
int d{};
int arr[] = {1, 2, 3};

struct Point { double x, y; } point {0.0, 0.0}; //(5)
std::complex<double> cml{0.0, 0.0}; //(2)
std::complex<double> c2 = std::complex<double>{0.0, 0.0}; //(3)
```

## std::initializer\_list

Возможность использовать список инициализации для создания конструкторов или операторов присвоения.

Значения задаются между {} и через запятую.

initializer\_list содержит следующие функции:

```
auto init_list = initializer_list<int> { 1, 2, 3};
init_list.size();
init_list.begin();
init_list.end();

init_list.r/c/begin/end(); // Начиная с C++14

init_list.empty(); // Начиная с C++17
init_list.data(); // Начиная с C++17
```

## C++14

---

### Aggregate initialization with default member initializer

```
struct x
{
    int a,b;
    char c = '0';
};

x v { 1, 2 }; // До C++14 нельзя было опустить третье поле "c"
```

## C++17

---



## auto + std::initializer\_list

```
// До C++17

auto v1 { 1, 2, 3}; // std::initializer_list<int>
auto v2 = { 1, 2, 3, }; // std::initializer_list<int>
auto v3 {42}; // std::initializer_list<int>
auto v4 = { 42 }; // std::initializer_list<int>

// Начиная с C++17

auto v1 { 1, 2, 3}; // compile error
auto v2 = { 1, 2, 3, }; // std::initializer_list<int>
auto v3 {42}; // int
auto v4 = { 42 }; // std::initializer_list<int>
```

## Агрегатная инициализация базового класса

Возможность вложенной инициализации:

```
struct Base
{
    std::string name;
    std::string sur_name;
};

struct Child : public Base
{
    int age;
}

Child ch1; //name, sur_name - empty, age undefined
Child ch2{}; //all fields empty

Child ch3 {"name", "sur", 99};
Child ch4 {"name", "sur", 99};
```

## constexpr

### C++11

Функции помеченные constexpr могут вычислять на этапе компиляции. Изначально такие функции имели большое количество ограничений, например должны были состоять из только 1 блока return.

### C++14

---

Ограничения были существенно ослаблены. Запрещенным остались:

```
__asm__  
goto  
метки, кроме case\default в switch,  
блок try,  
переменные нелитерального типа,  
static \ thread_local переменные,  
переменные без инициализации
```

Так же они удобны для применения в шаблонной магии, например в вариативных шаблонах, о них ниже.

## C++17

---

Лямбда может быть помечена как constexpr:

```
constexpr auto add = [](int a, int b) { return a + b; }
```

Если она может быть вызвана на этапе компиляции - это будет осуществлено, иначе она будет работать в run-time.

## Шаблоны

---

### C++11

---

Вариативные шаблоны (Variadic template)

Используются для создания функций с переменным числом аргументов:

```
template <typename... Args>  
void printf(const char* const format, const Args&... args);  
  
//При вызове  
printf("test", 1, 0.1);  
  
// Произойдёт инстанцирование  
printf<int, double>("test", 1, 0.1);
```

Помимо этого, используются в кортежах (tuple).

Extern templates

Используются с целью осуществить единичное инициализирование при компиляции, для её ускорения.

```
extern template void foo<int>(int);
extern template class SomeClass<int>;
```

## C++14

---

### Шаблон переменной (Variable template)

```
template <class T>
struct is_reference
{
    static constexpr bool value = false;
};

template <class T>
struct is_reference<T&>
{
    static constexpr bool value = true;
};

template <class T>
struct is_reference<T&&>
{
    static constexpr bool value = true;
};

template <typename T>
constexpr bool is_reference_v = is_reference<T>::value;

static_assert(!is_reference_v<SomeType>, " SomeType is reference");
```

## C++17

---

### Выведение типов шаблонных аргументов

Возможность не использовать указание типа шаблонного параметра в <>:

```
std::pair m {0, 0}; //Вместо std::pair<int, int> { 0, 0};
std::vector v { 0.0 }; // Вместо std::vector<double> { 0.0; }
std::lock_guard lock(mutex); // Вместо std::lock_guard<std::mutex>
```

Так же deduction guide может быть определен вручную. Пример для std::array:

```

namespace std
{
template <class T, size_t N>
struct array
{
    T arr[N];
};

template <class T, class... U>
array(T, U...) -> array<T, sizeof...(U) + 1>

};

//Тогда возможно использование
std::array arr {0, 1, 2, 3}; //Вместо std::array<int, 4>;

```

## template auto

Полезно для template not-type параметров.

```

template <auto Val> // Эквивалент template <decltype(auto) Val>
struct integral_const
{
    using value_type = decltype(Val);
    static constexpr value_type value = Val;
};

using true_type = integral_const<true>; //Не требуется задавать тип вручную
using false_type = integral_const<false>; //integral_const<bool, false>

//Схожий пример:
template <auto.. seq>
struct my_sequence
{
    ...
};

auto seq = std::integer_sequence<int, 0, 1, 2>(); //int задан явно
auto seq2 = my_sequence<1, 2, 3>(); //int будет выведен из значений

```

## Fold expressions (свертка функций)

Позволяет записывать операции для вариативного числа шаблонных аргументов:

```

template <typename T, typename ..Types>
constexpr auto sum(T t1, Types ..tN)
{
    return (t1 + ... + tN);
}

```

```
constexpr size_t res = sum(0, 1, 2, 3);
```

Четыре вида свёрток функций:

```
(pack op ...) = (E_1 op (... op (E_N-1 op E_N)))
(... op pack) = (((E_1 op E_2) op ...) op E_N)
(pack op ... op init) = (E_1 op (... op (E_N-1 op (E_N op I))))
(init op ... op pack) = (((I op E1) op E2) op ...) op E_N
```

Операции:

```
op:
+, -, *, /, %, ^, &, |, =, <, >, <<, >>,
+=, -=, *=, /=, %=, ^=, &= |=,
<<=, >>=, ==, !=, <=, >=, &&, ||, .*, ->*
и оператор ,
```

Начиная с C++17 возможна запись:

```
template <typename ...Types>
void print(const Types& ...tN)
{
    std::cout << ... << tN;
}
```

## constexpr if

Метод разметить ветки для шаблонов:

```
template <size_t N>
decltype(auto) get(const Person& )
{
    if constexpr (N == 0)
    {
        return p.Name();
    }
    else if constexpr (N == 1)
    {
        return p.GetSurname();
    }
}
```

# Спецификаторы

---

## 'default' + 'deleted' specifiers

Возможность либо пометить удалённой и недопустимой функцию (deleted). Либо реализовать стандартное поведение для конструкторов\операторов присваивания итд.

- 1. Дефотный конструктор
- 2. Констуктор копирования
- 3. Конструктор перемещения
- 4. Оператор копирования
- 5. Оператор перемещения

Если компилятор может - он постарается вывести поехсепт версии функций

## 'override' + 'final' sepcifiers

override - указывает на то, что функция переопределяет виртуальную функцию из наследуемого класса.

final - не даст переопределять функции дальше, т.е. означает что это финальная версия перезагруженной функции.

```
virtual void foo(int) const override {}  
  
virtual void foo(int) const final {}
```

Так же final может запретить дальнейшее наследование, если мы хотим создать класс\структуру, от которой нельзя наследоваться дальше.

# Небольшие нововведения

---

## C++11

---

### Move semantics

Добавлен новый тип r-value ссылка T&&, который представляет собой временное значение, например результат вычисления выражений или результат вызова функций.

Для того чтобы перенести такое значение без копирования введена специальная функция std::move().

Move семантика полезна когда объект тяжелый для копирования, но легкий для перемещения. Или же когда объект запрещено копировать, например unique\_ptr.

### noexcept

Метод пометить функцию, что она не должна вызывать исключения.

Необходимо для создания move-конструктора и оператора присвоения, если они не помечены как noexcept будут вызываться конструктор копирования и оператор копирования (например при создании векторов нашего произвольного класса).

## Range based for cycle

Вызов цикла в конструкции вида:

```
for (const auto& element: container)
{
    ...
}
```

Где container это класс с функциями begin/end, возвращающих итератороподобный объект, который должен уметь инкрементироваться и разыменовываться как указатель.

## Delegate constructors

Возможность вызова одного из конструкторов из тела другого.

## Default values for non-static class members

Возможность проинициализировать переменную класса в месте её определения

## nullptr

Общий тип для обозначения пустых указателей. Можно перегружать функции, используя std::nullptr\_t как аргумент.

## enum class

Не позволяет сравнивать поля разных enum'ов.

## enum underlying type

Позволяет задать тип, в котором хранится перечисление, например:

```
enum X : int
{
    A,
    B
};
```

Тем самым можно задать размер переменной типа X.

## Explicit cast operators

Операторы явного каста:

```
class P
{
    explicit operator bool() { return ...; }
};

P ptr;
int flag = ptr; // Преобразования не будет,
//т.к. помечено explicit: ошибка компиляции
```

## Relaxed rules for unions

До 11 стандарта можно было использовать только POD внутри union.

Теперь почти любой, но важно для юнона так же объявить конструктор, если он есть у вложенной структуры. Но в 17 стандарте это стало не обязательным для реализации.

## static\_assert

Возможность использования ассертов на этапе компиляции, условие + строка сообщения, например:

```
static_assert(std::is_pod(variable), "ERROR: !!");
```

В 17 стандарте строка стала не обязательной.

## alignof, alignas

Позволяет использовать нужное выравнивание или узнать его

## 'using' for types

Более современная замена typedef, способная принимать шаблонные аргументы:

```
typedef std::vector<int>::iterator vec_iter;

template <typename T>
typedef std::vector<T>::iterator vec_t_iter;
//Ошибка при компиляции

Альтернативная запись:
using vec_iter = std::vector<int>::iterator;

template <typename T>
using vec_t_iter = std::vector<T>::iterator;

vec_t_iter<int> it; //ok!
```



## C++14

---

### Memory allocation ellision/combining

Вызовы new\delete могут оптимизироваться.

## C++17

---

### noexcept

Спецификатор того, что функция не выбрасывает исключения - теперь часть системы типов функции.

```
typedef void (*nef)() noexcept;
typedef void (*ya)();

void foo() noexcept;
void bar();

ef pf1 = foo; // +
nef pf2 = foo; // +
ef = bar; // +
nef = bar; //Compile error
```

### Copy elision

Создание объекта не при выходе из функции, а в месте его последующего применения, там где эта функция вызывалась.

### Structure bindings

Возможность раскрутить группу значений в серию переменных. Можно раскрыть:

- array
- tuple
- pair/structure

```
const auto& [field1, field2, field2] = structure/tupple/..
```

Можно реализовать для произвольного класса:

```
template <size_t N>
decltype(auto) get(const Person&);

template <>
decltype(auto) get<0>(const Person& p)
```

```

{
    return p.GetName();
}

template <>
decltype(auto) get<1>(const Person& p)
{
    return p.GetSurname();
}

// Далее нужно определить tuple_size в std::

namespace std
{
    template <>
    struct tuple_size<Person> : std::integral_constant<size_t, 2>
    {};

    template <>
    struct tuple_element<0, Person>
    {
        using type = const std::string &;
    };

    template <>
    struct tuple_element<1, Person>
    {
        using type = const std::string &;
    };
}

```

## Последовательность операций вызова

```

a.b
a->b
a->*b
a(b1, b2, b3)
// b1, b2, b3 не последовательны
// их порядок не определен
b @= a
a[b]
a << b << c
a >> b >> c

```

## 'if' / 'switch' with initialization

Возможность задать значение в теле условия:

```
if (int a = f(5); a > 2)
{
    //а существует здесь
}
//а не существует здесь
```

Можно использовать structure bindings на этапе if initialization. Тем самым подготовить сразу несколько переменных для условий и вычислений.

## inline variables

Необходимы чтобы быть разделяемыми между файлами, будучи определенными в хэдере. Или для функций - чтобы писать определение прямо в хэдере.

## \_\_has\_include()

Директива препроцессора, проверяет наличие хэдеров

## alignas (32)

Теперь выравнивание структуры по границе заданной, при динамическом размещении

## static\_assert(true)

Теперь можно использовать без строки, просто 1 условие

## Nasted namespaces

```
namespace A::B::C {
    int i;
}

//Эквивалентно:
namespace n1 {
    namespace n2 {
        int n;
    };
};

//Вызов
n1::n2::n;
```

---

# STL

---

## C++11

---

## Chrono

Используется для измерения времени:

```
#include <chrono>

template <class Clock, class Duration = typename Clock::duration>
std::chrono::time_point; //Тип для хранения момента времени

std::chrono::system_clock; //Возможные типы отсчётов
std::chrono::high_resolution_clock;
std::chrono::steady_clock; //Наиболее приоритетный

auto start = std::chrono::steady_clock::now();
auto end = std::chrono::steady_clock::now();

std::chrono::duration<double> elapsed_seconds = end - start;
auto durMs = duration_cast<std::chrono::milliseconds>(end - start);

//Другие варианты для std::chrono::duration_cast:
std::chrono::nanoseconds;
std::chrono::microseconds;
std::chrono::milliseconds;
std::chrono::seconds;
std::chrono::minutes;
std::chrono::hours;
```

## Random

Используется для генерации случайных чисел.

```
Random number engines
{
    linear_congruential_engine,
    mersenne_twister_engine,
    subtract_with_carry_engine
};

Random number engine adaptors
{
    discard_block_engine,
    independent_bits_engine,
    shuffle_order_engine
};

Predefined generators
{
    minstd_rand0,
    minstd_rand,
    mt19937,
```

```

    mt19937_64,
    ranlux24_base,
    ranlux48_base,
    ranlux24,
    ranlux48,
    knuth_b,
    default_random_engine
};

Non-deterministic random numbers : random_device;

//Внутри каждого из них есть несколько вариаций
Distributions
{
    Uniform distributions,
    Bernoulli distributions,
    Poisson distributions,
    Normal distributions,
    Sampling distributions
};

```

Пример:

```

#include <random>

std::mt19937_64 engine { std::random_device{ }() };
std::uniform_int_distribution<> distr { 0, 100 };
std::cout << distr(engine);
auto generator = std::bind(distr, engine);
std::cout << generator();

```

## Regex

Регулярные выражения:

```

#include <regex>

std::regex pattern { R"((\d{2}).(\d{2}).(\d{2,4}))"};
std::string str{"I was born 01.02.1993"};

for (auto it = std::sregex_iterator {str.begin(), str.end(), pattern},
      end = std::sregex_iterator { }; it != end; ++it)
{
    auto&& match = *it;
    std::string day = match[1]; //01
    std::string day = match[2]; //02
    std::string day = match[3]; //1993
    std::string day = match[4]; // ""
}

```

```
//Другой вариант использования - замена:  
  
auto replaced = std::regex_replace(str, pattern, "xx.xx.xxxx");
```

## Multithreading

Используется для реализации многопоточных или асинхронных приложений.

```
#include <thread>  
  
// Потоки и синхронизация:  
std::thread  
std::mutex  
std::recursive_mutex  
std::timed_mutex  
std::recursive_timed_mutex  
std::conditional_variable  
  
// Модели и барьеры памяти:  
std::memory_order  
std::atomic_thread_fence  
  
// Атомарные переменные:  
std::atomic  
  
// Асинхронные вычисления:  
std::future  
std::packaged_task  
std::promise
```

## Обновления вызванные новым стандартом

```
// конструирование на месте, на подобии как make_pair: только 1 вызов move  
конструктора  
std::container<T>::emplace();  
std::container<T> ::cbegin(), ::end(), std::begin, std::end;  
  
// если unordered контейнер, когда есть ясность куда вставить значение - это может  
улучшить скорость  
std::associative_container<T>::emplace_hint();  
  
// обрезать по границе использования  
std::seq_container<T>::shrink_to_fit();  
std::vector<T>::data();  
std::list<T>; // complexity constraints
```

std::tuple

Можно использовать функцию `make_tuple()`.

Доставать значения можно `std::get(v)`;

Функция `tie` - которая может сформировать tuple от левых ссылок, `std::tie(name, surname) = get_person(1)`;

В C++17 он перестаёт быть нужен, но можно им сравнивать группы значений:

```
std::tie(year, month, day) > std::tie(year2, month2, day2);
```

## Accosicative unordered containers

`unordered_set`, `_multiset`, `_map`, `_multimap`,

Поиск за  $O(1)$ , как и вставка\удаление. Но зависит от количества элементов на bucket'e.

## Smart pointers

```
//Можно настроить делитер - который закрывает файл
std::unique_ptr<FILE, decltype(deleter)>;

std::unique_ptr<T>
std::shared_ptr<T>
std::weak_ptr<T> //решение для перекрестных ссылок
```

## std::function

Обертка для callable объекта, которым может выступать лямбда.

Или результат `std::bind`.

## std::reference\_wrapper

Модулирование поведения ссылки. Нужны для thread'ов - чтобы протолкнуть объект по ссылке

`std::ref` + `std::cref` - функции помогающие сгенерировать объект типа `reference_wrapper`.

## C++14

---

### Гетрогенный поиск по ассоциативным контейнерам

```
//Гетрогенный компаратор less
std::set<std::string, std::less<>> elements { ... };
//При вызове не будет формироваться новые std::string для сравнения:
elements.find("const char*");
```

### Адресация элементов кортежа через тип

Стала доступна адресация по типу `::get()`.

Если будет указан несуществующий тип - ошибка будет на этапе компиляции. Но элементов с одинаковым типом не должно быть, для корректной работы функции.

`std::make_unique`

Подобие `make_shared`, `make_pair`, `make_tuple`.

`std::exchange`

`std::exchange( объект, следующее его значение )`. Результат вызова это изначальный объект.

Можно использовать чтобы пробежать по массиву и обнулить его:

```
for (const auto x: std::exchange(vec, {}))
    std::cout << x << std::endl;
```

Другая область использования это реализация своего `move` конструктора, или `move` оператора присваивания.

`rbegin`, `rend`, `cbegin`, `cend`, `rbegin`, `rcend`

Константные и реверсивные интераторы для контейнеров.

## C++17

---

`string_view`

Обобщенный и легковесный вариант для хранения строчек `std::string` \ `c_string` `std::string_view` // `std::wstring_view`

`std::to_chars`/`std::from_chars`

Функции преобразования цифр. Может содержать ошибку парсинга.

`std::optional`

Хранит либо значение, либо `nullopt`

```
#include <optional>

std::optional<int> opt = 3;

opt.has_value(); // == if (optional)
opt.value(); // == *optional

//Возвращает значение, если оно есть, или переданный объект:
opt.value_or({});
```



```
//Операции сравнения в условиях с нижележащим классом
if (optional > 2) {}
```

## std::variant

Метод хранения множества разнотипных значений вместе:

```
#include <variant>

std::get<0>();
std::get<std::string>();

//Возвращает const type* ptr, или nullptr если не удалось преобразовать к типу
std::get_if<type>(variant);

//возможность установки базового состояния variant
//на случай если другие объекты не имеют конструктора по умолчанию
std::monostate;

//Можно всё обработать единственной лямбдой с auto аргументом
std::visit( [](auto arg) { std::cout << arg << ' '; }, v);
```

## std::any

Принимает произвольный тип, но почти всегда происходит динамическая локация. Если возможно, лучше использовать variant.

Пример:

```
std::any x{5};
x.has_value(); // == true
std::any_cast<int>(x); // == 5
```

## std::filesystem

Позволяет использовать функции доступа к файловой системе:

```
if (std::filesystem::exists(my_path))
{
    const auto fileSize { std::filesystem::file_size(my_path)};
    std::filesystem::path tmpPath { "/tmp"};
    if (std::filesystem::space(tmpPath).available > fileSize )
    {
        std::filesystem::create_directory(tmpPath.append("example"))
        std::filesystem::copy_file(my_path, tmpPath.append("newFile"))
    }
}
```

```
    }
}
```

## std::byte

```
//Новый тип для хранения "сырых" байтов, перегружен
std::byte a { 0 };
int x = std::to_integer<int>(a);
```

## std::apply:

Применение функции к tuple\pair:

```
auto add = [](int x, int y)
{
    return x + y;
};
std::apply(add, std::make_tuple(2, 3)); // == 5
std::apply(add, std::make_pair(1, 2)); // == 3
```

## std::as\_const

Обертка для получение const-ref.

## std::clamp

Клипует значение по 2м границам - верхней и нижней.

## Ассоциативные контейнеры

Добавлены функции: try\_emplace, insert\_or\_assign.

Добавлены функции: extract, insert, merge.

```
// merge:
std::set<int> src { 1, 3, 5};
std::set<int> dst { 2, 4, 5};
dst.merge(src);
// dst == {1, 2, 3, 4, 5}
// src == {5} !!!

// extract\insert - позволяют move'нуть объект из одного контейнера, в другой
// Или изменить ключ у поля
std::map m;
auto e = m.extract(2); // key == 2
e.key() = 4;
m.insert(std::move(e));
```

`std::size, std::data, std::empty`

Свободные обобщенные функции для всех контейнеров.

`non const std::string::data`

Доступ к сырой памяти строки.

`std::not_fn`

Wrapper возвращающий отрицательное\обратное значение функции.

`emplace_back`

Функции теперь возвращают ссылку на объект.

`std::scoped_lock`

Возможность использовать несколько мьютексов в одном локе.

`shared_ptr` для массивов

TODO дополнить.

Математические функции

TODO дополнить + (`std::gcd, std::lcm`).

Parallel algorithms

Возможность использовать параллельные вычисления в стандартных алгоритмах.

TODO дополнить с примерами.

---

## TODO

---

Forwarding reference

```
template <class T>
class A
{
    template <class U>
    void foo(T&& t, U&& u);
};
```

дополнить и изучить внимательней

++ inline namespaces тоже в 11 фитчи

++std::invoke - ???

++ Searcher function objects

++ общие фитчи языка вроде const\volatile итд - из конспектов курсеры

+++ Идеомы

+++ шпоры filesystem +?