

# Практика использования и наиболее полезные конструкции языка Rust

## Содержание

<b>1 Ресурсы по языку Rust</b>	<b>1</b>
<b>2 Установка Rust</b>	<b>2</b>
<b>3 Вводные замечания</b>	<b>2</b>
<b>4 Начало работы</b>	<b>3</b>
4.1 Первая программа на Rust . . . . .	4
<b>5 Основы языка</b>	<b>7</b>
5.1 Числа . . . . .	7
5.2 Управление ходом выполнения программы . . . . .	8
5.3 Расширенные определения функций . . . . .	11
5.3.1 Обобщенные функции . . . . .	12
5.4 Создание списков с использованием массивов, слайсов и векторов . . . . .	13
5.4.1 Массивы . . . . .	13
5.4.2 Слайсы . . . . .	13
5.4.3 Векторы . . . . .	13
5.5 Чтение данных из файлов . . . . .	13
<b>6 Составные типы данных</b>	<b>14</b>
6.1 Добавление методов к структуре struct путем использования блока impl . . . . .	15
6.2 Использование возвращаемого типа Result . . . . .	17
<b>7 Время жизни, владение и заимствование</b>	<b>19</b>
7.1 Решение проблем, связанных с владением . . . . .	21
7.1.1 Если полное владение не требуется, используйте ссылки . . . . .	21
7.1.2 Сократите количество долгоживущих значений . . . . .	22
<b>Список литературы</b>	<b>26</b>
<b>Список листингов</b>	<b>26</b>

## 1. Ресурсы по языку Rust

<https://www.rust-lang.org/tools>  
<https://doc.rust-lang.org/book/>  
<https://doc.rust-lang.org/stable/rust-by-example/>

## 2. Установка Rust

Установить Rust проще всего с помощью утилиты `rustup` – это установщик языка и менеджер версий. Для операционной системы Windows можно скачать `rustup-init.exe` со страницы проекта <https://www.rust-lang.org/learn/get-started>

Установить Rust на Linux можно так

```
$ curl https://sh.rustup.rs -sSf | bash
...
Current installation options:

default host triple: x86_64-unknown-linux-gnu
default toolchain: stable (default)
profile: default
modify PATH variable: yes

1) Proceed with installation (default)
2) Customize installation
3) Cancel installation
>1

info: profile set to 'default'
info: default host triple is x86_64-unknown-linux-gnu
info: syncing channel updates for 'stable-x86_64-unknown-linux-gnu'
...
```

Rust часто обновляется и чтобы получить последнюю версию, можно воспользоваться командой `rustup update`.

Собрать проект и обновить его зависимости можно с помощью утилиты `cargo`

```
cargo build # build your project
cargo run # cargo run
cargo test # test project
cargo doc # build documentation for your project
cargo publish # publish a library to crates.io
```

То есть `cargo` знает, как превратить Rust-код в исполняемый бинарный файл, а также может управлять процессом загрузки и компиляции проектных зависимостей.

## 3. Вводные замечания

*Система владения устанавливает время жизни каждого значения, что делает ненужным сборку мусора в ядре языка и обеспечивает надежные, но вместе с тем гибкие интерфейсы для управления такими ресурсами, как сокеты и описатели файлов. Передача (move) позволяет передавать значение от одного владельца другому, а заимствование (borrowing) – использовать значение временно, не изменяя владельца.*

Rust – типобезопасный язык. Но что понимается под типобезопасностью? Ниже приведено определение «неопределенного поведения» из стандарта языка C 1999 года, известного под названием «C99»: *неопределенное поведение – это поведение, являющееся следствием использования непереносимой или некорректной программной конструкции либо некорректных данных, для которого в настоящем Международном стандарте нет никаких требований.*

Рассмотрим следующую программу на C

```
int main(int argc, char **argv) {
    // объявление одноэлементного массива беззнаковых длинных целых чисел
    unsigned long a[1];
    // обращение к 4-ому элементу массива; индекс, нарушает границу диапазона
    a[3] = 0x7ffff7b36cebUL;
    return 0;
}
```

Эта программа обращается к элементу за концом массива `a`, поэтому согласно C99 ее поведение не определено, т.е. она может делать все что угодно. «Неопределенная» операция не просто возвращает неопределенный результат, она дает программе карт-бланш на произвольное выполнение(!).

C99 предоставляет компилятору такое право, чтобы он мог генерировать более быстрый код. Чем возлагать на компилятор ответственность за обнаружение и обработку странного поведения вроде выхода за конец массива, стандарт предполагает, что программист должен позаботиться о том, чтобы такие ситуации никогда не возникали.

Если программа написана так, что ни на каком пути выполнения неопределенное выполнение невозможно, то будем говорить, что программа *корректна* (well defined).

Если встроенные в язык проверки гарантируют корректность программы, то будем называть язык *типобезопасным* (type safe).

Тщательно написанная программа на C или C++ может оказаться типобезопасной, но ни C, ни C++ не является типобезопасным языком: в приведенном выше примере нет ошибок типизации, и тем не менее она демонстрирует неопределенное поведение. С другой стороны, Python – типобезопасный язык, его интерпретатор тратит время на обнаружение выхода за границы массива и обрабатывает его лучше, чем компилятор C.

## 4. Начало работы

Создать проект на Rust можно командой `cargo new <project_name>`

```
$ cargo new hello # создать проект hello
$ tree
.
hello/
  Cargo.toml
  src/
    main.rs
$ cd hello
$ cargo run # запустить проект
   Compiling hello v0.1.0 (/home/kosyachenko/Projects/GARBAGE/rust_projects/hello)
Finished dev [unoptimized + debuginfo] target(s) in 0.42s
Running 'target/debug/hello'
Hello, world!
# Дерево проекта изменилось
$ tree
.
Cargo.lock # артефакт
Cargo.toml
src/
  main.rs
target/ # артефакт
  CACHEDIR.TAG
  debug/
```

```
build
deps/
  hello-27...
  hello-27...d
examples/
hello
hello.d
incremental/
  hello-imy.../
  s-ghim...
```

В основном каталоге имеется файл `Cargo.toml`, содержащий описание метаданных проекта, таких как имя проекта, его версия и его зависимости. Исходный код попадает в директорию `src`.

Выполнение команды `cargo run` привело также к добавлению к проекту новых файлов. Теперь у нас в основном каталоге проекта есть файл `Cargo.lock` и каталог `target`. В `Cargo.lock` указываются конкретные номера версий всех зависимостей, чтобы будущие сборки составлялись точно также, как и эта, пока содержимое `Cargo.toml` не изменится.

## 4.1. Первая программа на Rust

Нужно как обычно с помощью `cargo new hello` создать новый проект. Перейти в созданную директорию проекта и в файле `main.rs` директории `src` написать следующее

```
./src/main.rs
```

```
fn greet_world() {
    println!("Hello, world!");
    let southern_germany = "Germany";
    let japan = "Japan";
    let regions = [southern_germany, japan];

    for region in regions.iter() {
        println!("{}", &region);
    }
}

fn main() {
    greet_world();
}
```

Восклицательный знак свидетельствует об использовании *макроса*. Для операции присваивания в Rust, которую правильнее было бы называть *привязкой переменной*, используется ключевое слово `let`. Поддержка Unicode предоставляется самим языком.

Для *литералов массива* используются *квадратные скобки*. Для возврата итератора метод `iter()` может присутствовать во многих типах. Амперсанд «заимствует» `region` так, чтобы доступ предоставлялся *только для чтения*.

Строки ганатировано получают кодировку UTF-8.

### Пример

src/main.rs

```
fn main() { // (1)
  let penguin_data = "\ // (2)
    common name,length (cm)
    Little penguin,33
    Yellow-eyed penguin,65
```

```

Fiordland penguin, 60
Invalid, data
";

let records = penguin_data.lines();

for (i, record) in records.enumerate() {
    if i == 0 || record.trim().len() == 0 { // (3)
        continue;
    }

    let fields: Vec<_> = record // (4)
        .split(',') // (5)
        .map(|field| field.trim()) // (6)
        .collect(); // (7)
    if cfg!(debug_assertions) { // (8)
        eprintln!("debug: {:?} -> {:?}", record, fields); // (9)
    }

    let name = fields[0];
    if let Ok(length) = fields[1].parse::<f32>() { // (10)
        println!("{}, {} cm", name, length); // (11)
    }
}
}

```

(1) – исполняемым проектам требуется функция `main()`. (2) – отключение завершающего символа новой строки. (3) – пропуск строки заголовка и строк, состоящих из одних пробелов. (4) – начало со строки текста. (5) – разбиение записи на поля. (6) – обрезка пробелов в каждом поле. (7) – Сборка набора полей. (8) – `cfg!` проверяет конфигурацию в процессе компиляции. (9) – `eprintln!` выводит данные на стандартное устройство сообщений об ошибках (`stderr`). (10) – попытка выполнения парсинга поля в виде числа с плавающей точкой. (11) – `println!` помещает данные на стандартное устройство вывода (`stdout`).

Переменная `fields` помечена типом `Vec<_>`. `Vec` – сокращение от `_vector_`, типа коллекции, способного динамически расширяться. Знак подчеркивания предписывает Rust вывести тип элемента.

На Python решение выглядело бы так

```

#!/python
import typing as t

def main():
    penguin_data: str = """
        common name, length (cm)
        Little penguin, 33
        Yellow-eyed penguin, 65
        Fiordland penguin, 60
        Invalid, data
    """

    records: t.List[str] = penguin_data.split("\n")

    for (i, record) in enumerate(records):
        if i == 0 or len(record.strip()) == 0:
            continue

        fields: t.List[str] = list(map(lambda field: field.strip()), records.split(","))

```

```

# Или с помощью спискового включения
# fields: t.List[str] = [record.strip() for record in records.split(",")]

if __debug__:
    print(f"debug: {record} -> {fields}")

name: str = fields[0]
# На Rust это блок выглядит изящнее
try:
    length = float(fields[1])
except ValueError as err:
    continue
else:
    print(f"{name}, {length} cm")

if __name__ == "__main__":
    main()

```

Макросы похожи на функции, но вместо возвращения данных они возвращают код. Макросы часто используются для упрощения общеупотребительных шаблонов. Поле заполнения `{}` заставляет Rust воспользоваться методом представления значения в виде строки, который определил программист, а не представлением по умолчанию, доступным при указании поля заполнителя `{:?}`.

`if let Ok(length) = fields[1].parse::<f32>()` читается так «попытаться разобрать `fields[1]` в виде 32-разрядного числа с плавающей точкой, и в случае успеха присвоить число переменной `length`».

Конструкция `if let` – краткий метод обработки данных, предоставляющий также локальную переменную, которой присваиваются эти данные. Метод `parse()` возвращает `Ok(T)` (где `T` означает любой тип), если ему удастся провести разбор строки; в противном случае он возвращает `Err(E)` (где `E` означает тип ошибки). Применение `if let Ok(T)` позволяет пропустить любые случаи ошибок, подобные той, что встречаются при обработке строки `Invalid,data`.

Когда Rust не способен вывести тип из окружающего контекста, он запрашивает конкретное указание. В вызов `parse()` включается встроенная аннотация типа в виде `parse::<f32>()`.

Преобразование исходного кода в исполняемый файл называется *компиляцией*.

В Rust-програмах отсутствуют:

1. Висячие указатели – прямые ссылки на данные, ставшие недействительными в ходе выполнения программы,
2. Состояние гонки – неспособность из-за изменения внешних факторов определить, как программа будет вести себя от запуска к запуску,
3. Переполнение буфера – попытка обращения к 12-му элементу массива, состоящего из 6 элементов

В Rust *пустой тун:* `()` (произносится как «юнит»). Когда нет никакого другого значимого возвращаемого значения, выражение возвращает `()`.

Rust предлагает программистам детальный контроль над размещением структур данных в памяти и над схемами доступа к ним. Временами возникает острая потребность в управлении производительностью приложения. При этом важную роль может сыграть хранение данных в *стеке*, а не в *куче*.

Особые возможности Rust:

- Достижение высокой производительности,
- Выполнение одновременных (параллельных) вычислений,
- Достижение эффективной работы с памятью.

Rust позволяет воспользоваться всей доступной производительностью компьютера. Он не использует для обеспечения безопасности памяти сборщик мусора.

В Rust нет никакой глобальной блокировки интерпретатора, ограничивающей скорость потока.

Единицей компиляции программы на Rust является не отдельный файл, а целый пакет (известный как *крейт*). Поскольку крейты могут включать в себя несколько модулей, они могут становиться весьма большими объектами компиляции. Это конечно, позволяет оптимизировать весь крейт, но требует также его компиляции.

`let` используется для *привязки переменной*. По умолчанию переменные *неизменяемы*, то есть предназначены только для чтения, а не для чтения-записи.

## 5. Основы языка

### 5.1. Числа

Преобразования между типами всегда носят явный характер. В Rust у чисел могут быть методы: например, для округления `24.5` к ближайшему целому числу используется `24.5_f32.round()`, а не `round(24.5)`.

Литералы чисел с плавающей точкой без явно указанной аннотации типа становятся 32- или 64-разрядными в зависимости от контекста.

Имеющиеся в Rust требования к безопасности типов *не позволяют проводить сравнение между типами*. Например, следующий код не пройдет компиляцию:

```
fn main() {
    let a: i32 = 10;
    let b: u16 = 100;

    if a < b { // error[E0308]: mismatched types
        println!("Ten is less than one hundred.")
    }
}
```

Безопаснее всего привести меньший тип к большему (например, 16-разрядный тип к 32-разрядному): `(b as i32)`. Иногда это называют расширением.

Порой использовать ключевое слово `as` накладывает слишком большие ограничения. В следующем листинге показан Rust-метод, заменяющий ключевое слово `as` в тех случаях, когда приведение может дать сбой

```
use std::convert::TryInto;

fn main() {
    let a: i32 = 10;
    let b: u16 = 100;

    let b_ = b.try_into().unwrap(); // try_into() -> mun Result

    if a < b_ {
        println!("Ten is less than one hundred.");
    }
}
```

```
}  
}
```

Ключевое слово `use` переносит типаж `std::convert::TryInto` в локальную область видимости. В результате этого происходит разблокирование метода `try_into()`, вызываемого в отношении переменной `b`.

Типаж *можно* рассматривать как *абстрактные классы* или *интерфейсы*. Метод `b.try_into()` возвращает значение типа `i32`, завернутое в значение типа `Result`. Значение успеха может быть обработано методом `unwrap()`, в результате чего здесь будет возвращено значение `b`, имеющее тип `i32`.

Rust включает ряд допуско, позволяющих сравнивать числовые значения с плавающей точкой. Эти допуски определяются как `f32::EPSILON` и `f64::EPSILON`.

Операции, выдающие математически неопределенные результаты, например извлечение квадратного корня из отрицательного числа, создают особые проблемы. Для обработки таких случаев в тип числа с плавающей точкой включены значения NaN – «not a number».

Чтобы добавить контейнер (крейт) в проект достаточно добавить в раздел `[dependencies]` имя крейта и его версию в файл `Cargo.toml`

Cargo.toml

```
...  
[dependencies]  
num = "0.4"  
...
```

```
use num::complex::Complex;  
  
fn main() {  
    let a = Complex {re: 2.1, im: -1.2}; // у каждого типа в Rust имеется литеральный синтаксис  
    let b = Complex::new(11.1, 22.2);  
    let result = a + b;  
  
    println!("{}", result.re, result.im); // доступ к полям через оператор точка  
}
```

Ключевое слово `use` помещает тип `Complex` в локальную область видимости. В Rust нет конструкторов, вместо этого у каждого типа есть литеральная форма.

Инициализировать типы можно путем использования имени типа и присвоения его полям значений в фигурных скобках: `Complex { re: 2.1, im: -1.2 }`. Для упрощения программ метод `new()` реализован у многих типов. Но это соглашение не часть языка Rust.

Поддерживаются две форму инициализации неэлементарных типов:

- Литеральный синтаксис: `Complex { re: 2.1, im: -1.2 }`,
- Статическим методом `new(): Complex::new(11.1, 22.2)`.

Статический метод – это функция, доступная для *типа*, но не для *экземпляра типа*. В реальном коде предпочтительнее вторая форма.

## 5.2. Управление ходом выполнения программы

Базовая форма цикла `for` имеет следующий вид

```
for item in container {  
    // ...  
}
```



Эта базовая форма делает каждый последующий элемент в контейнере `container` доступным в качестве элемента `item`.

Несмотря на то, что переменная `container` остается в локальной области видимости, теперь ее *время жизни* истекло. Rust считает, что раз блок закончился, то надобности в переменной `container` миновала.

Когда чуть позже в программе возникнет желание воспользоваться переменной `container` еще раз, следует воспользоваться указателем. Когда указатель опущен, Rust полагает, что переменная `container` больше не нужна. Чтобы добавить *указатель* на контейнер, нужно, как показано в следующем примере, поставить перед его именем знак амперсанда (&)

```
for item in &container {  
    // ...  
}
```

Если в ходе циклического перебора элементов нужно внести изменения в каждый элемент, можно воспользоваться *указателем, допускающим изменения*, включив в код ключевое слово `mut`

```
for item in &mut container {  
    // ...  
}
```

*Безымянные циклы.* Если в блоке не используется локальная переменная, то по соглашению применяется знак подчеркивания «`_`». Использование этой схемы в сочетании с синтаксисом *исключающего диапазона* (`n..m`) и синтаксисом *включающего диапазона* (`n..=m`) показывает, что целью является выполнение цикла фиксированное количество раз. Например

```
for _ in 0..10 {  
    // ...  
}
```

Ключевое слово `continue` действует вполне ожидаемым образом

```
// Вывести только нечетные  
for item in 0..10 {  
    if item % 2 == 0 {  
        continue;  
    }  
}
```

Прерывание цикла выполняется с помощью ключевого слова `break`. При этом Rust работает привычным образом

```
fn main() {  
    for (x, y) in (0..).zip(0..) { // zip работает на бесконечной последовательности  
        if x + y > 100 {  
            break;  
        }  
        println!("x={}, y={}", x, y);  
    }  
}
```

В Python пришлось бы организовывать бесконечный цикл `while`, например так

```
def main():  
    x, y = (0, 0)  
    while True:
```

```

if x + y > 100:
    break
print(f"x={x}, y={y}")
x += 1
y += 1

```

Прерывание во вложенных циклах. Прервать выполнение вложенного цикла можно с помощью *меток циклов*. Метка цикла представляет собой идентификатор с префиксом в виде *апострофа* ,

```

'outer: for x in 0.. {
    for y in 0.. {
        for z in 0.. {
            if x + y + z > 10 {
                break 'outer;
            }
            // ...
        }
    }
}

```

Условное ветвление. `if` допускает применение любого выражения, вычисленного в булево значение (`true` или `false`). Когда нужно протестировать несколько значений, можно добавить цепочку блоков `if else`. Блок `else` соответствует всему, чему еще не нашлось соответствие. Например

```

if item == 42 {
    // ...
} else if item == 132 {
    // ...
} else {
    // ...
}

```

В Rust отсутствует концепция «правдивых» или «ложных» типов. В других языках (например, в Python) допускается, чтобы особые значения, например 0 или пустая строка, означали `false`, а другие значения означали `true`, но в Rust это не практикуется. Единственным значением, которое может быть `true`, является `true`, а за `false` может принимать только `false`.

Rust – язык, основанный на выражениях. Для Rust характерно обходиться без ключевого слова `return`

```

fn is_even(n: i32) -> bool {
    n % 2 == 0
}

fn main() {
    let n: i32 = 123456;
    let description = if is_even(n) {
        "even"
    } else {
        "odd"
    };

    println!("n={} is {}", n, description);
}

```

Этот прием может распространяться и на другие блоки, включая `match`

```

fn is_even(n: i32) -> bool {

```

```

    n % 2 == 0
}

fn main() {
    let n = 654321;
    let description = match is_even(n) {
        true => "even",
        false => "odd",
    };

    println!("n={} is {}", n, description);
}

```

### 5.3. Расширенные определения функций

Пример

```

fn add_with_lifetimes<'a, 'b>(i: &'a i32, j: &'b i32) -> i32 {
    *i + *j
}

```

- `fn add_with_lifetimes(...) -> i32` – функция, возвращающая значение типа `i32`,
- `<'a, 'b>` – объявление двух *переменных времени жизни*, `'a` и `'b`, в области видимости функции `add_with_lifetimes()`. Обычно о них говорят как о *времени жизни a* и *времени жизни b*,
- `i: &'a i32` – привязка *переменной времени жизни 'a* к времени жизни `i`. Этот синтаксис читается так «параметр `i` является *указателем* на `i32` с *временем жизни a*»,
- `j: &'b i32` – привязка *переменной времени жизни 'b* к времени жизни `j`. Этот синтаксис читается так «параметр `j` является *указателем* на `i32` с *временем жизни b*».

Основа проводимых в Rust проверок безопасности – система времени жизни, позволяющая убедиться, что все попытки обращения к данным являются допустимыми. Все значения, привязанные к данному времени жизни, должны существовать вплоть до последнего доступа к любому значению, привязанному к этому же времени жизни.

Обычно система времени жизни работает без посторонней помощи. Хотя время жизни есть почти у каждого параметра, проверки в основном проходят скрытно, поскольку компилятор может определить время жизни самостоятельно. Но в сложных случаях компилятору нужна помощь.

При вызове функции аннотации времени жизни не требуются.

```

fn add_with_lifetimes<'a, 'b>(i: &'a i32, j: &'b i32) -> i32 {
    *i + *j // (1)
}

fn main() {
    let a = 10;
    let b = 20;
    let res = add_with_lifetimes(&a, &b); // (2)
    println!("{}", res);
}

```

(1) – сложение значений, на которые указывают `i` и `j`, а не сложение непосредственно самих указателей. (2) – `&a` и `&b` означают *указатели* соответственно на 10 и 20.

Использование двух параметров времени жизни (*a* и *b*) показывает, что времени жизни *i* и *j* не связаны друг с другом.

### 5.3.1. Обобщенные функции

Типовая сигнатура обобщенной функции

```
fn add<T>(i: T, j: T) -> T {  
    i + j  
}
```

Переменная типа *T* вводится в угловых скобках (*<T>*). Эта функция принимает два аргумента одного и того же типа и возвращает значение такого же типа.

Заглавные буквы вместо типа указывают на *обобщенный тип*. В соответствии с действующим соглашением в качестве заместителей используются произвольно выбираемые переменные *T*, *U* и *V*. А переменная *E* часто применяется для обозначения типа ошибки.

Обобщения позволяют использовать код многократно и могут существенно повысить удобство работы со строго типизированными языками.

Все Rust-операторы, включая сложение, определены в *типажах*. Чтобы выставить требование, что тип *T* должен поддерживать сложение, в определение функции наряду с переменной типа включается *типажное ограничение*

```
// std::ops::Add -- мунаж  
fn add<T: std::ops::Add<Output = T>>(i: T, j: T) -> T {  
    i + j  
}
```

Фрагмент *<T: std::ops::Add<Output = T>>* предписывает, что в *T* должна быть реализация операции *std::ops::Add*. Использование одной и той же переменной типа *T* с типажными ограничением гарантирует, что аргументы *i* и *j*, а также возвращаемое значение будут одного и того же типа и их типы поддерживают сложение.

*Типаж* – это что-то вроде *абстрактного базового класса*. Все Rust-операции определяются с помощью типажей. Например, оператор сложения (+) определен как типаж *std::ops::Add*.

Все Rust-операторы являются удобным синтаксическим приемом для вызова *методов типажей*. В ходе компиляции выполняется преобразование выражения *a<sub>1</sub>+<sub>1</sub>b* в *a.add(b)*

```
use std::ops::{Add};  
use std::time::{Duration};  
  
fn add<T: Add<Output = T>>(i: T, j: T) -> T {  
    i + j  
}  
  
fn main() {  
    let floats = add(1.2, 3.2);  
    let ints = add(10, 20);  
    let durations = add(  
        Duration::new(5, 0),  
        Duration::new(10, 0)  
    );  
  
    println!("{}", floats);  
    println!("{}", ints);  
    println!("{:?}", durations);  
}
```

## 5.4. Создание списков с использованием массивов, слайсов и векторов

### 5.4.1. Массивы

*Массивы* характеризуются фиксированной шириной и чрезвычайной скромностью в потреблении ресурсов. *Векторы* можно наращивать, но им свойственны издержки времени выполнения из-за ведения дополнительного учета.

В массиве допускается замена элементов, но его *размер менять нельзя*.

Описание типа массива имеет следующий вид: `[T; n]`, где `T` – тип элемента, а `n` – неотрицательное целое число. Например, запись `[f32; 12]` обозначает массив из двенадцати 32-разрядных чисел с плавающей точкой.

Особое внимание в Rust уделяется вопросам безопасности. При этом ведется проверка границ индексации массива. Запрос элемента, выходящего за границы, приводит к сбою (к панике в терминологии Rust), а не к возврату неверных данных.

### 5.4.2. Слайсы

Слайсы представляют собой похожие на массив объекты с динамическим размером. Понятие «динамический размер» означает, что их размер на момент компиляции *неизвестен*. Но, как и массивы, они не могут расширяться или сокращаться.

Недостаток сведений к моменту компиляции объясняет различие в сигнатуре типа между массивом (`[T; n]`) и слайсом (`[T]`).

Важность слайсов объясняется тем, что реализовать типаже для них проще, чем для массивов. Поскольку `[T; 1]`, `[T; 2]`, ..., `[T; n]` бывают разных типов, реализация типажей для массивов может стать слишком громоздкой. А создание *слайса* из массива дается легко и обходится дешево, поскольку *слайс не нужно привязывать к какому-либо конкретному размеру*.

Слайсы способны действовать как *представление массивов* (и других слайсов). Термин «представление» здесь взят из описания технологии работы с базами данных и означает, что слайсы могут получать быстрый доступ только по чтению данных, что исключает необходимость копирования чего бы то ни было.

### 5.4.3. Векторы

Векторы (`Vec<T>`) – это наращиваемые списки, состоящие из обобщенных типов `T`. При выполнении программы на них тратится немного больше времени, чем на массивы, из-за дополнительного учета, необходимого для последующего изменения их размера. Но эти издержки на работу с векторами почти всегда компенсируются их дополнительной гибкостью.

`Vec<T>` эффективнее всего работает при возможности указания размера с помощью функции `Vec::with_capacity()`. Предоставление этого показателя сводит к минимуму необходимое количество выделенной памяти операционной системой.

## 5.5. Чтение данных из файлов

Пример

```
use std::fs::File;
use std::io::BufReader;
use std::io::prelude;
```

```
fn main() {
    let f = File::open("readme.md").unwrap();
    let reader = BufReader::new(f);

    for line_ in reader.lines() {
        let line = line_.unwrap();
        println!("{:} ({:} bytes long)", line, line.len());
    }
}
```

На Python было бы так

```
def main():
    with open("readme.md", encoding="utf-8") as f:
        for line in f:
            line = line.strip()
            print(f"{line} ({len(line)} bytes long)")
```

## 6. Составные типы данных

Чтобы помешать компилятору выдавать предупреждения, в них будут задействованы атрибуты `#![Allow(unused_variables)]`.

Тип, известный как `unit ()`, формально считается *кортежем нулевой длины*. Он используется для выражения того, что *функция не возвращает никакого значения*.

Функции, которые не имеют возвращаемого типа, возвращают `()`, и выражения, заканчивающиеся точкой с запятой `;`, также возвращают `()`. Например, функция `report()` в следующем блоке кода подразумевается возвращает тип `unit`

```
use std::fmt::Debug;

fn report<T: Debug>(item: T) { // item может быть любого типа с реализацией std::fmt::Debug
    println!("{:?}", item);
}
```

А в этом примере возвращение типа `unit` задается в явном виде

```
fn clear(text: &mut String) -> () {
    *text = String::from(""); // замена строкового значения, на которое указывает text, пустой строкой
}
```

В Python затереть значение переменной в глобальной области видимости можно было бы так

```
>>> text = "global"
>>> def clear():
    global text # просто расширяем область видимости функции
    text = "" # привязываем переменную text к пустой строке
>>> text # 'global'
>>> clear()
>>> text # ''
```

Последнее выражение в функции не должно заканчиваться точкой с запятой. *Восклицательный знак !*, известен как тип «Never». **Never** показывает, что *функция никогда ничего не возвращает*, особенно при гарантированном сбое.

Пример

```
fn dead_end() -> ! { // функция никогда ничего не возвращает
    panic!("you have reached a dead end");
}
```

Макрос `panic!` вызывает сбой программы. То есть функция *гарантировано никогда не вернет управление* вызвавшему ее коду.

Структура `struct` позволяет создавать составной тип, образованный из других типов. Например

```
struct File {
    name: String,
    data: Vec<u8>,
}
```

Чтобы позволить структуре `File` стать выводимой на экран строкой, нужно поместить строку `#[derive(Debug)]` перед определением структуры

```
#[derive(Debug)] // чтобы можно было вывести на печать структуру
struct File {
    name: String,
    data: Vec<u8>,
}
```

При определении структуры можно явно указывать время жизни каждого поля. Явное указание времени жизни требуется, когда поле является ссылкой на другой объект.

Экземпляр структуры можно создать так

```
fn main() {
    let f1 = File { // экземпляр структуры
        name: String::from("f1.txt"),
        data: Vec::new(),
    };

    let f1_name = &f1.name;
    let f1_length = &f1.data.len();

    println!("{:?}", f1);
}
```

К началу имени добавляется амперсанд (`&f1.name`), свидетельствующий о желании получить доступ к данным по ссылке. На языке Rust это означает, что переменные `f1_name` и `f1_length` заимствуют данные, на которые они ссылаются.

## 6.1. Добавление методов к структуре `struct` путем использования блока `impl`

В Rust классы, так сказать, распадаются на структуры `struct` и реализации `impl`

```
struct File {
    // data
}

impl File {
    // methods
}
```

Rust отличается от других языков, поддерживающих методы: в нем нет ключевого слова `class`. Типы, созданные с помощью блока `struct`, иногда кажутся классами, но поскольку они *не поддерживают наследование*, то хорошо, что их называли по-другому.

Для определения методов Rust-программистами используется блок `impl`.

Создание объектов с уместными значениями по умолчанию выполняется с помощью метода `new()`. Каждую структуру можно создать, воспользовавшись литеральным синтаксисом, но это приводит к ненужной многословности.

Использование `new()` – соглашение, принятое в сообществе Rust. В отличие от других языков, `new` не является ключевым словом и не имеет какого-либо особого статуса по сравнению с другими методами

#### Использование блока `impl` для добавления методов к структуре

```
#[derive(Debug)]
struct File {
    name: String,
    data: Vec<u8>,
}

impl File {
    fn new(name: &str) -> File {
        File {
            name: String::from(name),
            data: Vec::new(),
        }
    }
}

fn main() {
    let f3 = File::new("f3.txt");

    let f3_name = &f3.name;
    let f3_length = f3.data.len();

    println!("{:?}", f3);
    println!("{}", f3_name, f3_length);
}
```

В Rust небезопасность означает «тот же уровень безопасности, который всегда обеспечивается языком C».

Небольшие дополнения к языку Rust:

- Изменяемые глобальные переменные обозначаются с помощью `static mut`,
- По соглашению в именах глобальных переменных ВСЕ БУКВЫ ЗАГЛАВНЫЕ,
- Ключевое слово `const` включается для тех значений, которые никогда не изменяются.

Опытным программистам известно, что использование глобальной переменной `errno` во время системных вызовов обычно регулируется операционной системой. Как правило, в Rust такой стиль программирования не приветствуется, поскольку при нем не только нарушается безопасность типов (ошибки кодируются в виде простых целых чисел), но и в «награду» нерадивым программистам, забывающим проверить значение переменной `errno`, может проявиться нестабильность программ.

**Разница между `const` и `let`** Данные, определяемые с `let`, могут изменяться. Rust позволяет типам обладать явно противоречивым свойством *внутренней изменчивости*.



Некоторые типы, например `std::sync::Arc` и `std::rc::Rc`, представляют собой неизменяемый фасад, но по прошествии времени изменяют свое внутреннее состояние. По мере того, как на них делаются ссылки, они увеличивают значение счетчика ссылок и уменьшают его значение, когда срок действия этих ссылок истекает.

На уровне компилятора `let` больше относится к использованию псевдонимов, чем к неизменяемости. Использование псевдонимов в понятиях компилятора означает одновременное наличие нескольких ссылок на одно и то же место в памяти.

Ссылки на переменные, доступные только для чтения (их заимствования), объявленные с помощью `let`, могут указывать на одни и те же данные. Ссылки для чтения-записи (изменяемые заимствования) гарантированно никогда не станут псевдонимами данных.

## 6.2. Использование возвращаемого типа `Result`

Подход, принятый в Rust к обработке ошибок, заключается в использовании типа, который соответствует как стандартному случаю, так и случаю ошибки. Этот тип известен как `Result`. У него два состояния: `Ok` и `Err`.

Для вызова функций, возвращающих `Result<File, String>`, требуется дополнительный метод `unwrap()`, позволяющий извлечь значение. Вызов `unwrap()` снимает оболочку с `Ok(File)` для создания `File`. При обнаружении ошибки `Err(String)` программа даст сбой.

`Result` – перечисление `enum`. Перечисление `enum` – это тип, способный представлять несколько известных вариантов, например

```
enum Suit {
    Clubs,
    Spades,
    Diamonds,
    Hearts,
}

enum Card {
    King(Suit),
    Queen(Suit),
    Jack(Suit),
    Ace(Suit),
    Pip(Suit, usize),
}
```

Как и структуры, *перечисления* поддерживают *методы* через блоки `impl`. Перечисления в Rust эффективнее набора констант.

Определение основных характеристик типажа `Read` для `File`

```
#![allow(unused_variables)]

// структура
#[derive(Debug)]
struct File;

// типаж для структуры File, задающий протокол
trait Read {
    fn read( // этот метод должен быть реализован в блоке impl
        self: &Self, // псевдоним
        save_to: &Vec<u8>,
    ) -> Result<usize, String>;
}
```

```
// имплементация
impl Read for File {
    fn read(
        self: &File,
        save_to: &Vec<u8>,
    ) -> Result<usize, String> {
        Ok(0)
    }
}

fn main() {
    let f = File{};
    let mut buffer = vec![];
    let n_bytes = f.read(&mut buffer).unwrap();

    println!("{}", byte(s) read from {:?}"", n_bytes, f);
}
```

Display требует, чтобы в типах был реализован метод `fmt`, возвращающий `fmt::Result`

```
// типаж (протокол/контракт/интерфейс) Display требует,
// чтобы в типе был реализован метод fmt
impl Display for FileState {
    fn fmt(
        &self,
        f: &mut fmt::Formatter,
    ) -> fmt::Result {
        match *self {
            FileState::Open => write!(f, "OPEN"),
            FileState::Closed => write!(f, "CLOSED"),
        }
    }
}

// типаж (протокол/контракт/интерфейс) Display требует,
// чтобы в типе был реализован метод fmt
impl Display for File {
    fn fmt(
        &self,
        f: &mut fmt::Formatter,
    ) -> fmt::Result {
        write!(f, "<{} ({})>", self.name, self.state)
    }
}
```

Rust'ие перечисления напоминают Python'ие именованные кортежи

```
# Rust
# enum FileState {
#     Open,
#     Closed
# }
from collection import namedtuple

attrs = ("open", "closed")
FileState = namedtuple("FileState", attrs)(*attrs)
FileState.open # 'open'
FileState.closed # 'closed'
```

Для сборки документации проекта без зависимостей

```
$ cargo doc --no-deps --open
```

Группа символов `///` приводит к созданию документов, ссылающихся на элемент, который следует непосредственно за ней

```
/// Represents a "file",  
/// which probaly lives on a file system.  
#[derive(Debug)]  
pub struct File {  
    name: String,  
    data: Vec<u8>,  
}  
  
impl File {  
    /// New files are assumed to be empty, but a name is required.  
    pub fn new(name: &str) -> File {  
        File {  
            name: String::from(name),  
            data: Vec::new(),  
        }  
    }  
}
```

Можно приемы форматирования текста на Markdown

```
...  
impl File {  
    /// Creates a new, empty 'File'.  
    ///  
    /// Examples  
    /// ```  
    /// let f = File::new("f1.txt");  
    /// ```  
    pub fn new(name: &str) -> File {  
        File {  
            name: String::from(name),  
            data: Vec::new(),  
        }  
    }  
}
```

Строки, начинающиеся с `///` попадут в документацию. То есть это что-то вроде Python'их doc-strings.

С группы символов `//!` начинается описание проекта.

## 7. Время жизни, владение и заимствование

*Контроллер заимствований* (borrow checker) – проверяет законность любого доступа к данным, что позволяет Rust избежать проблем с безопасностью.

Проверка заимствований основана на трех взаимосвязанных понятиях:

1. Время жизни,
2. Владение,
3. Заимствование.

*Владение* в Rust связано с *избавлением от значений*, в которых больше нет надобности. Например, функция возвращает управление, необходимо освободить память, содержащую ее локальные переменные.

*Время жизни значения* – это период, в течение которого доступ к этому значению – допустимое поведение. Локальные переменные функции живут до тех пор, пока функция не вернет управление, а глобальные переменные могут жить в течение всего времени жизни программы.

*Позаимствовать* значение означает *получить к нему доступ*. Суть этого термина призвана подчеркнуть возможность общего доступа к значениям из многих частей программы при наличии у них одного владельца.

Термин *перемещение* (move) в Rust означает нечто специфическое. Движение внутри кода Rust относится к *переходу владения*, а не к перемещению данных.

*Владение* – это понятие, используемое в сообществе Rust для обозначения процесса времени компиляции, который проверяет, что каждое использование значения допустимо и что каждое значение полностью уничтожено. Каждое значение внутри Rust – это владение.

Попытка перезаписи значения, которое все еще доступно в другом месте программы, приводит к тому, что компилятор отказывается компилировать программу.

```
fn main() {  
    // Владение возникает здесь при создании объекта CubeSat  
    let sat_a = CubeSat { id: 0 };  
    // ...  
    // Владение объектом переходит к check_status(), но не возвращается к main()  
    let a_status = check_status(sat_a);  
    // ...  
    // sat_a больше не владелец объекта, что делает доступ недействительным  
    let a_status = check_status(sat_a);  
}
```

В ходе вызова `check_status(sat_a)` владение переходит к функции `check_status()`. Когда `check_status()` возвращает сообщение, она удаляет значение `sat_a`. Здесь время жизни `sat_a` заканчивается. И все же после первого вызова `check_status()` переменная `sat_a` остается в локальной области видимости функции `main()`. Попытка получения доступа к этой переменной вызовет возмущение контролера зависимостей.

В Rust у *элементарных типов* особое поведение. В них реализован типаж *Copy*. *Формально элементарные типы обладают семантикой копирования, а все другие типы имеют семантику перемещения.*

*При использовании значений в качестве аргумента той функции, которая становится их владельцем, получить к этим значениям новый доступ из внешней области видимости уже невозможно.*

#### Семантика копирования элементарных типов Rust

```
fn use_value(_val: i32) {}  
  
fn main() {  
    let a = 123;  
    use_value(a);  
  
    println!("{}", a); // + получение доступа к 'a' после вызова use_value() вполне нормально  
}
```

```
fn use_value(_val: Demo) {}

struct Demo {
    a: i32,
}

fn main() {
    let demo = Demo {a: 123};
    use_value(demo);

    println!("{}", demo.a); // - доступ к demo.a невозможен даже после возвращения из use_value
    ()
}
```

В Rust передача владения от одной переменной к другой осуществляется двумя способами:

1. по привязке переменной

```
fn main() {
    let sat_a = CubeSat { id: 0 }; // передача владения по привязке переменной
}
```

2. через функциональный барьер либо в качестве аргумента, либо в качестве возвращаемого значения

```
fn main() {
    let sat_a = CubeSat { id: 0 };
    // ...
    let new_sat_a = check_status(sat_a); // передача владения через функциональный барьер
    // ...
}
```

## 7.1. Решение проблем, связанных с владением

Изоминка Rust – система владения. Ею обеспечивается безопасность памяти без использования сборщика мусора.

### 7.1.1. Если полное владение не требуется, используйте ссылки

Чаще всего в код вносится уменьшение необходимого уровня доступа. Вместо запроса владения в определениях функций можно воспользоваться «заимствованием».

Для доступа *только по чтению* следует использовать `&T`, а для доступа *по чтению-записи* – `&mut T`.

#### Использование владения

```
fn send(to: CubeSat, msg: Message) {
    to.mailbox.messages.push(msg); // владение значением переменной to переходит функции send
}
```

Владение значением переменной `to` переходит к функции `send()`. При возвращении из `send()` значение переменной `to` удаляется.

#### Использование ссылки на изменяемое значение

```
fn send(to: &mut CubeSat, msg: Message) {
    to.mailbox.messages.push(msg);
}
```

Добавление префикса `&mut` к типу `CubeSat` позволяет *внешней области видимости* сохранять владение данными, на которые указывает переменная `to`.

```
impl GroundStation {
    fn send(
        &self,
        to: &mut CubeSat,
        msg: Message,
    ) {
        to.mailbox.messages.push(msg);
    }
}

impl CubeSat {
    fn recv(&mut self) -> Option<Message> {
        self.mailbox.messages.pop()
    }
}
```

Здесь `&self` указывает, что `GroundStation.send()` требуется ссылка на `self` с *доступом только на чтение*. Получатель берет *изменяемое заимствование* (`&mut`) экземпляра `CubeSat`, а `msg` становится полноправным владельцем его экземпляра `Message`.

Владение экземпляром сообщения `Message` переходит от `msg` к локальной переменной функции `message.push()`.

### 7.1.2. Сократите количество долгоживущих значений

Если есть крупный долгоживущий объект, например глобальная переменная, то хранить его для каждого компонента программы, который в нем нуждается, весьма неудобно.

Вместо использования долгоживущих объектов стоит подумать о создании недолговечных отдельных объектов. Иногда проблемы, связанные с владением, можно решить за счет пересмотра конструкций всей программы.

```
impl GroundStation {
    fn send(
        &self,
        mailbox: &mut Mailbox,
        to: &CubeSat,
        msg: Message,
    ) {
        mailbox.post(to, msg);
    }
}

impl CubeSat {
    fn recv(
        &self,
        mailbox: &mut Mailbox,
    ) -> Option<Message> {
        mailbox.deliver(&self)
    }
}

impl Mailbox {
    fn post(
        &mut self, // изменяемый доступ к самому себе
        msg: Message // владение сообщением
    ) {
        self.messages.push(msg);
    }
}
```

```

    ) {
        self.message.push(msg);
    }

    fn deliver(
        &mut self,
        recipient: &CubeSat
    ) -> Option<Message> {
        for i in 0..self.message.len() {
            if self.messages[i].to == recipient.id {
                let msg = self.messages.remove(i);
                return Some(msg);
            }
        }
        None
    }
}

```

#### Реализации стратегии недолговечных переменных

```

#![allow(unused_variables)]

#[derive(Debug)]
struct CubeSat {
    id: u64
}

#[derive(Debug)]
struct Mailbox {
    messages: Vec<Message>,
}

#[derive(Debug)]
struct Message {
    to: u64,
    content: String,
}

struct GroundStation {}

impl Mailbox {
    fn post(
        &mut self, // метод будет изменять экземпляр Mailbox
        msg: Message
    ) {
        self.messages.push(msg);
    }

    fn deliver(
        &mut self, // метод будет изменять экземпляр Mailbox
        recipient: &CubeSat
    ) -> Option<Message> {
        for i in 0..self.messages.len() {
            if self.messages[i].to == recipient.to {
                let msg = self.messages.remove(i);
                return Some(msg);
            }
        }
        None
    }
}

```

```

}

impl GroundStation {
    fn connect(&self, sat_id: u64) -> CubeSat {
        CubeSat {
            id: sat_id,
        }
    }

    fn send(
        &self, // доступ на чтение GroundStation
        mailbox: &mut Mailbox, // экземпляр Mailbox будет изменяться
        msg: Message
    ) {
        mailbox.post(msg);
    }
}

impl CubeSat {
    fn recv(
        &self, // доступ только на чтение CubeSat
        mailbox: &mut Mailbox // экземпляр Mailbox будет изменяться
    ) -> Option<Message> {
        mailbox.deliver(&self)
    }
}

fn fetch_sat_ids() -> Vec<u64> {
    vec![1, 2, 3]
}

fn main() {
    let mut mail = Mailbox { messages: vec![] };

    let base = GroundStation {};

    let sat_ids = fetch_sat_ids();

    for sat_id in sat_ids {
        let sat = base.connect(sat_id);
        let msg = Message { to: sat_id, content: String::from("hello") };
        base.send(&mut mail, msg);
    }

    let sat_ids = fetch_sat_ids();

    for sat_id in sat_ids {
        let sat = base.connect(sat_id);

        let msg = sat.recv(&mut mail);
        println!("{:?:}: {:?}", sat, msg);
    }
}

```

На Python код выглядел бы так

```

import typing as t
from dataclasses import dataclass, field

# В поисках типов код просматривается сверху вниз, поэтому

```



```

# приходится вводить служебные типы
_CubeSat = t.NewType("_CubeSat", type)
_Mailbox = t.NewType("_Mailbox", type)

# В Rust это 'struct Message'
class Message(t.NamedTuple):
    to: int # none
    content: str # none

# В Rust это 'struct Mailbox' и 'impl Mailbox'
@dataclass(frozen=False)
class Mailbox:
    # В Rust это блок struct
    messages: t.List[_Message] = field(default_factory=list) # NB!

    # В Rust это блок impl
    def post(self, msg: _Message) -> t.NoReturn:
        # Доступ к полю messages экземпляра через self
        self.messages.append(msg) # эта инструкция изменяет экземпляр дата-класса

    def deliver(self, recipient: _CubeSat) -> t.Optional[Message]:
        for i in range(len(self.messages)):
            if self.messages[i].to == recipient.id:
                msg = self.messages.pop(i) # эта инструкция изменяет экземпляр дата-класса
                return msg

        return None

# В Rust это 'struct CubeSat' и 'impl CubeSat'
@dataclass(frozen=False)
class CubeSat:
    id: int # none

    def recv(self, mailbox: _Mailbox) -> t.Optional[Message]:
        return mailbox.deliver(self)

def fetch_sat_ids() -> t.List[int]:
    return [1, 2, 3]

# В Rust это 'struct GroundStation' и 'impl GroundStation'
@dataclass(frozen=False)
class GroundStation:
    # В Rust это блок impl
    def connect(self, sat_id: int) -> CubeSat:
        return CubeSat(id=sat_id)

    def send(self, mailbox: _Mailbox, msg: Message):
        return mailbox.post(msg)

def main():
    mail = Mailbox()
    base = GroundStation()
    sat_ids = fetch_sat_ids()

    for sat_id in sat_ids:
        sat = base.connect(sat_id)
        msg = Message(to=sat_id, content="hello")
        base.send(mail, msg)

```

```
sat_ids = fetch_sat_ids()
for sat_id in sat_ids:
    sat = base.connect(sat_id)
    msg = sat.recv(mail)
    print(f"{sat}: {msg}")

if __name__ == "__main__":
    main()
```

Экземпляр сообщения `Message` не изменяется после создания, поэтому его можно представить простым именованным кортежем, а не дата-классом. `Mailbox` приходится представлять дата-классом, потому что поле `messages` изменяемое. Причем это поле нужно создавать обязательно как `default_factory=list`, чтобы безопасно инициализировать поле экземпляра пустым списком

```
messages: t.List[Message] = field(default_factory=list)
```

## Список литературы

1. *Кольцов Д.М.* Си на примерах. Практика, практика и только практика. – СПб.: Наука и Техника, 2019. – 288 с.

## Листинги