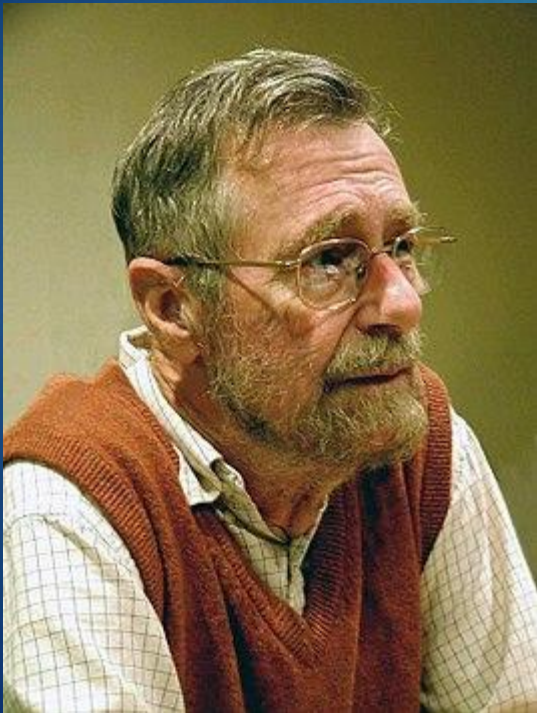


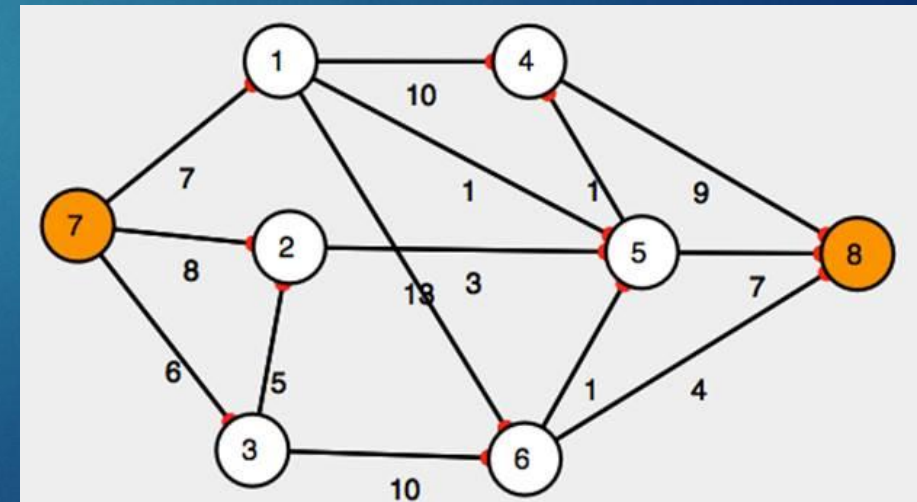
# OSPF

# Основы протокола

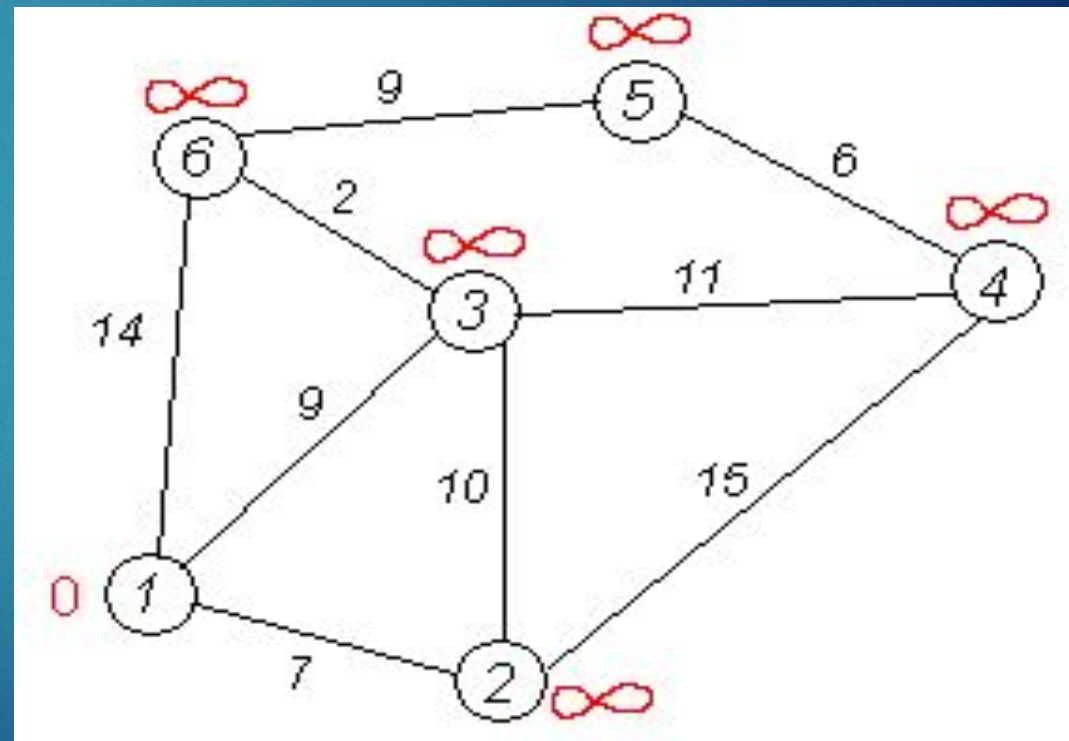
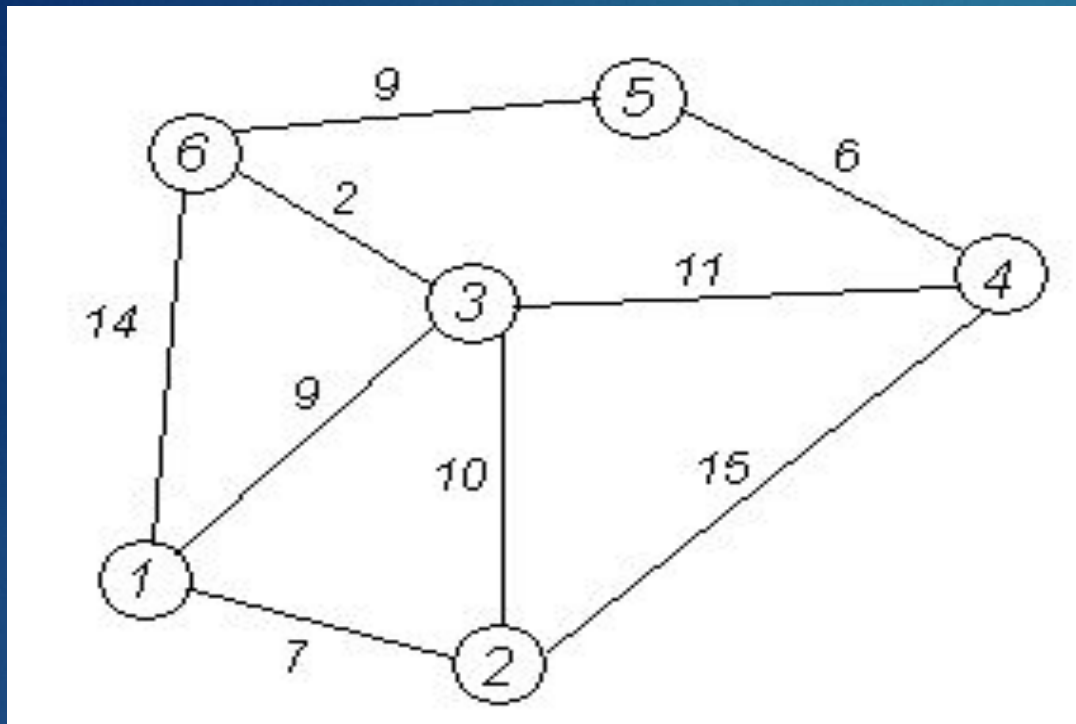
- ▶ OSPF (англ. Open Shortest Path First) — протокол динамической маршрутизации, основанный на технологии отслеживания состояния канала (это значит, что он требует отправки объявлений о состоянии канала) и использующий для нахождения кратчайшего пути алгоритм Дейкстры.



Алгоритм Дейкстры — алгоритм на графах, изобретённый нидерландским учёным Эдсгером Дейкстрой в 1959 году. Находит кратчайшие пути от одной из вершин графа до всех остальных.

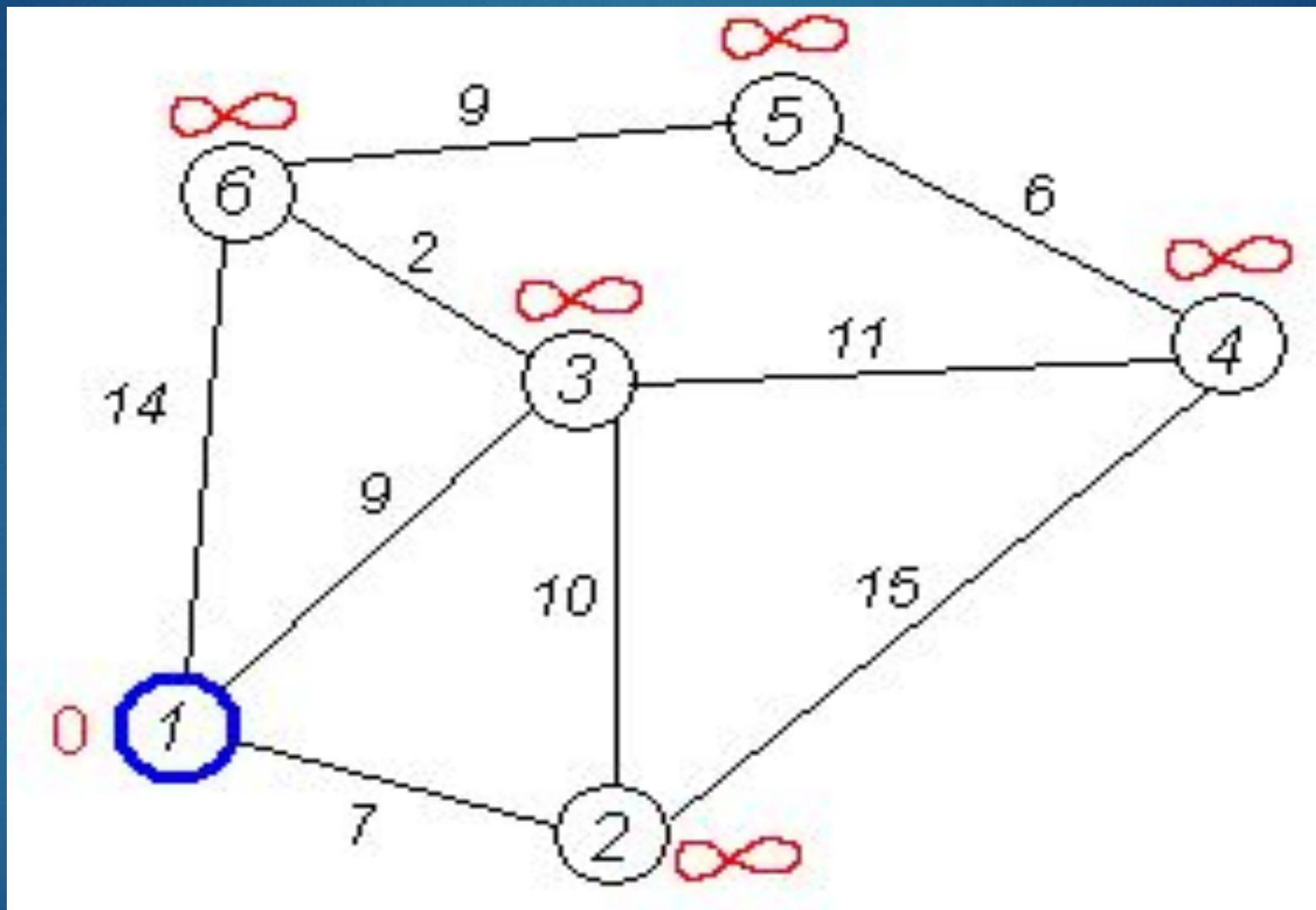


# Алгоритм в деталях

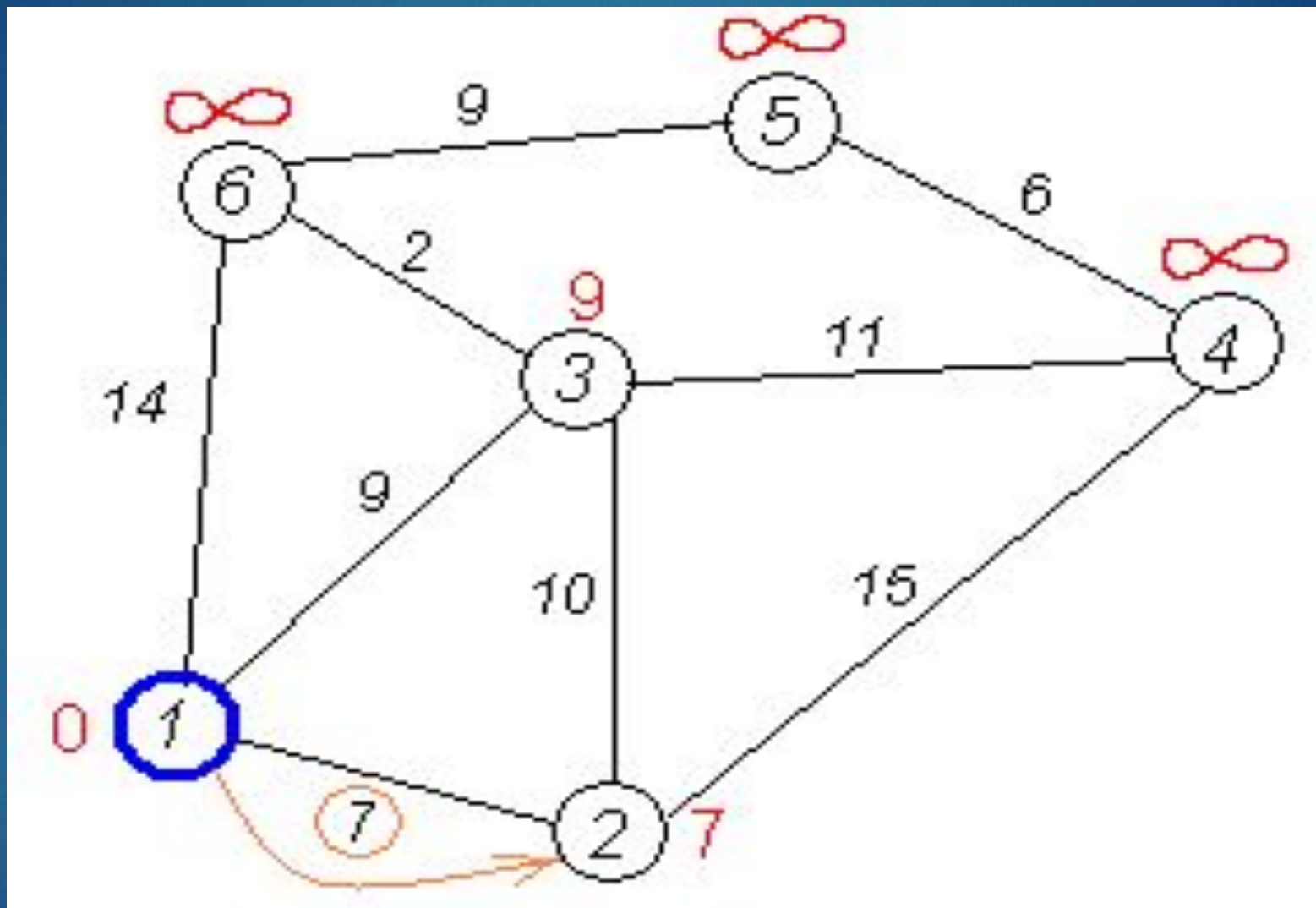




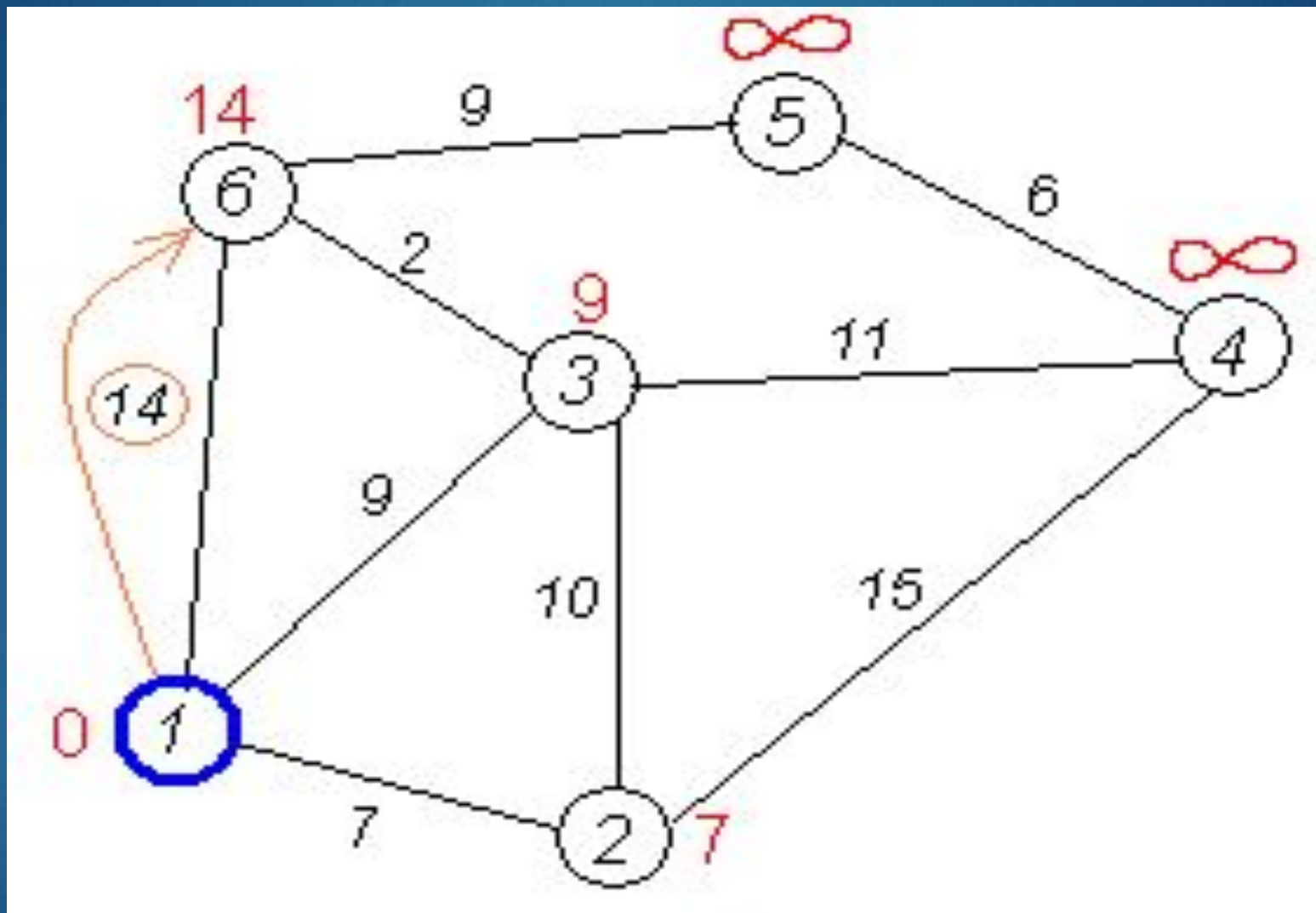
# Шаг 1



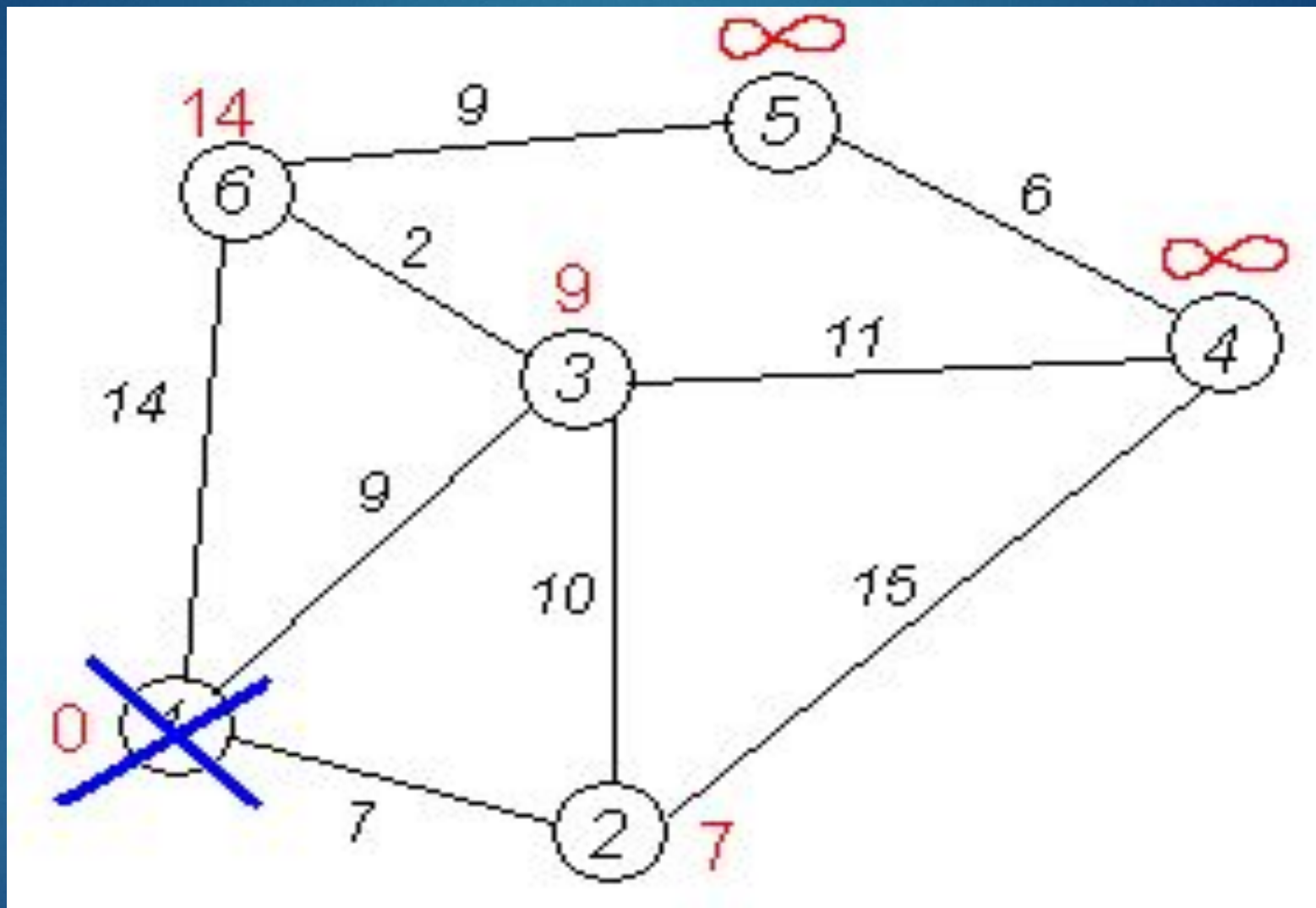
# Шаг 1.1



## Шаг 1.2

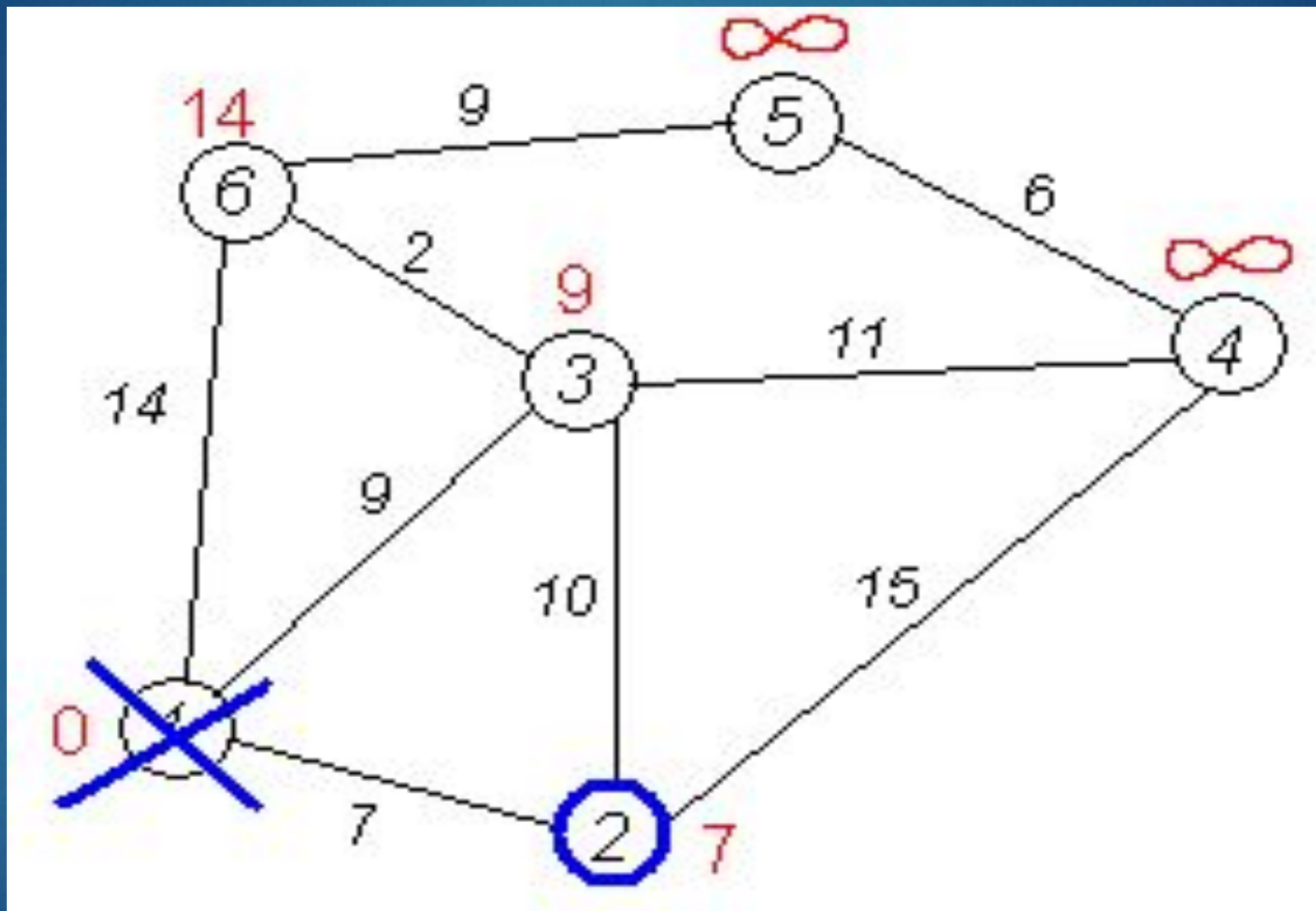


## Шаг 1.3



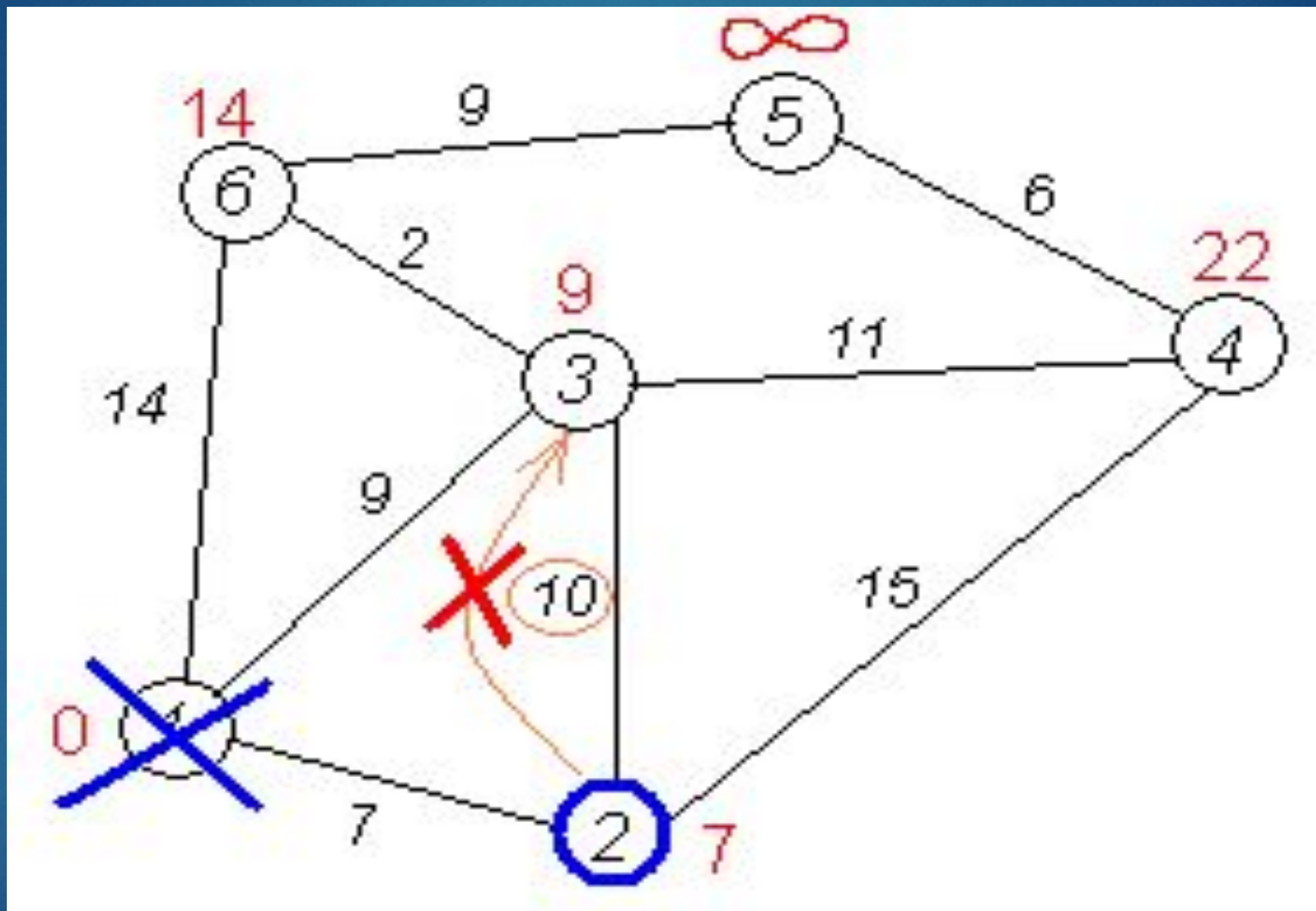


## Шаг 2

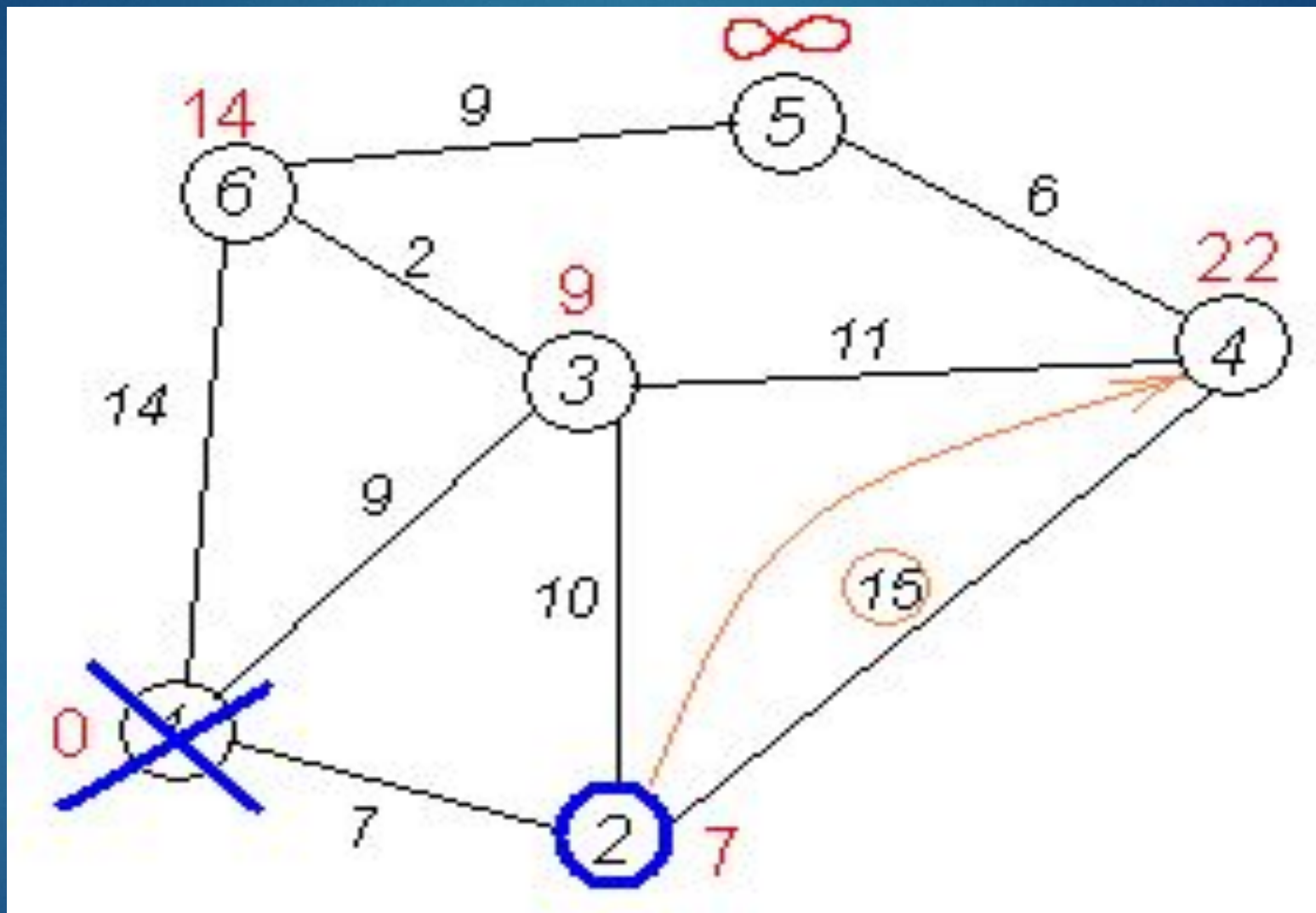




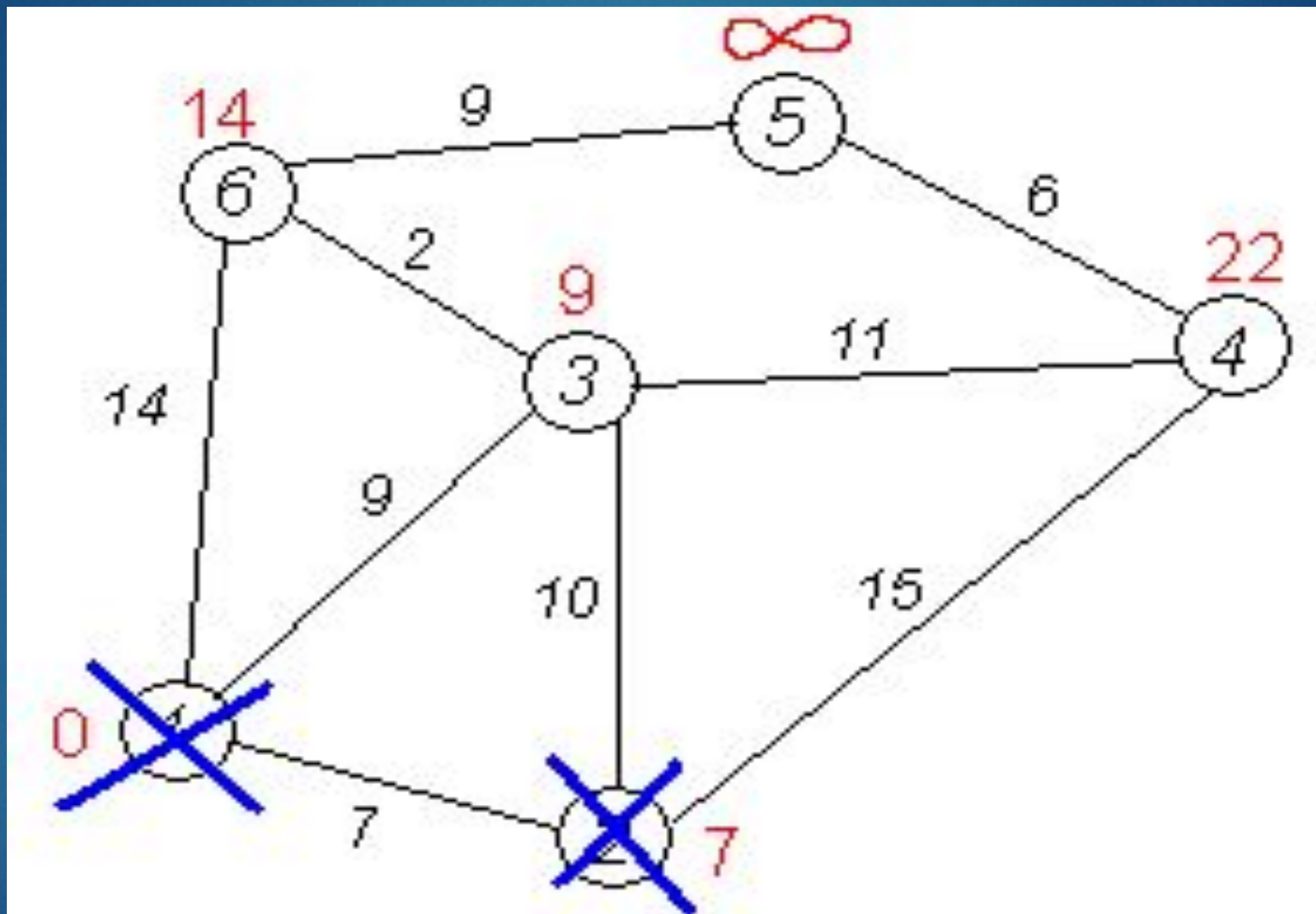
## Шаг 2.1



## Шаг 2.2

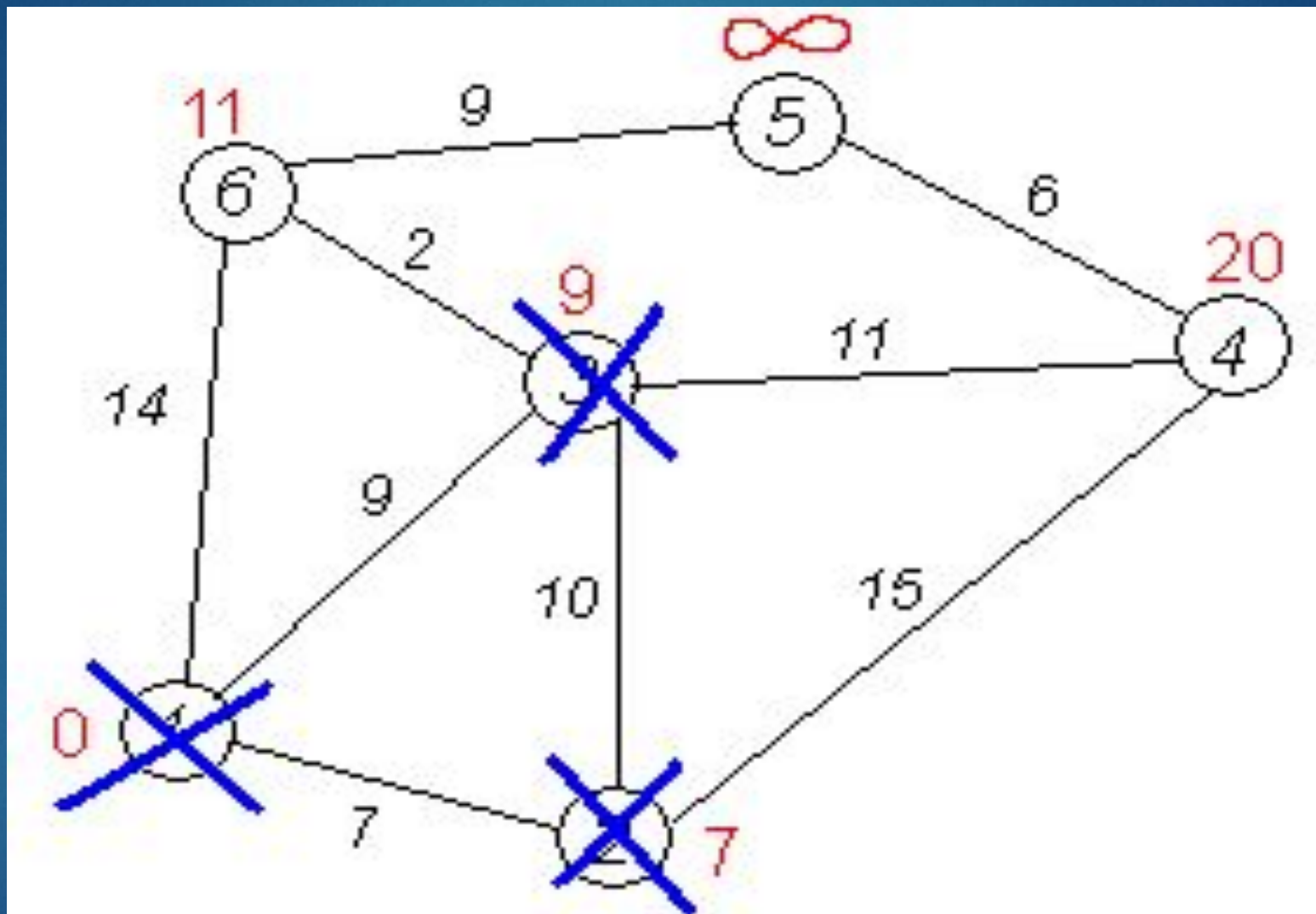


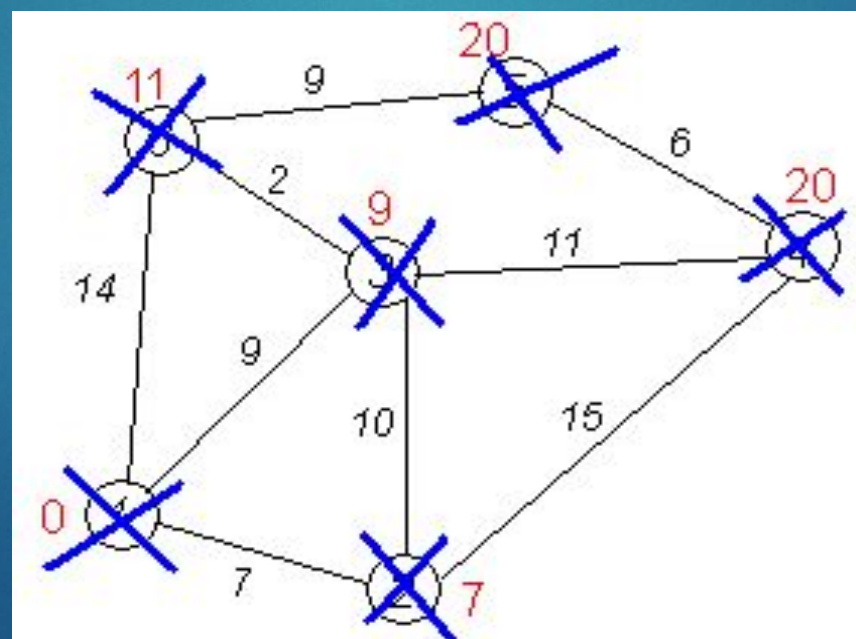
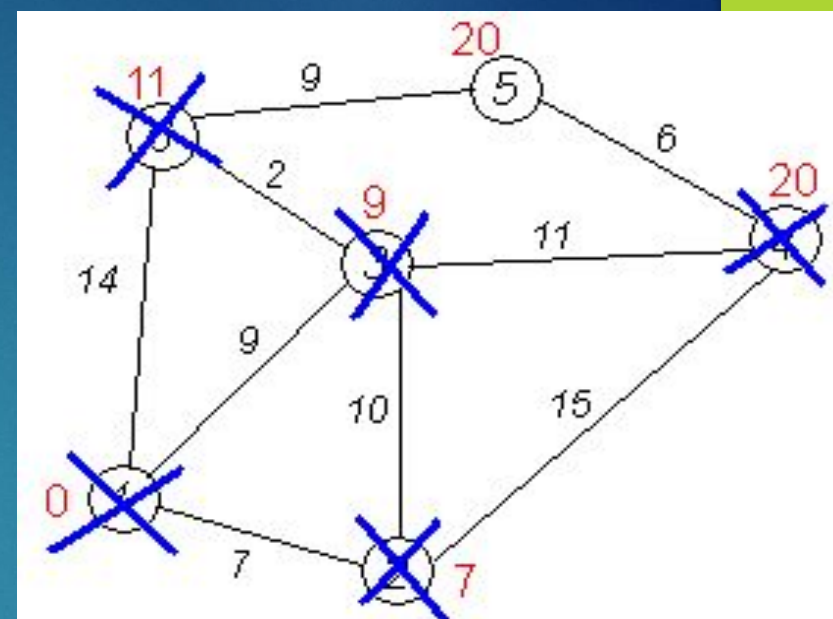
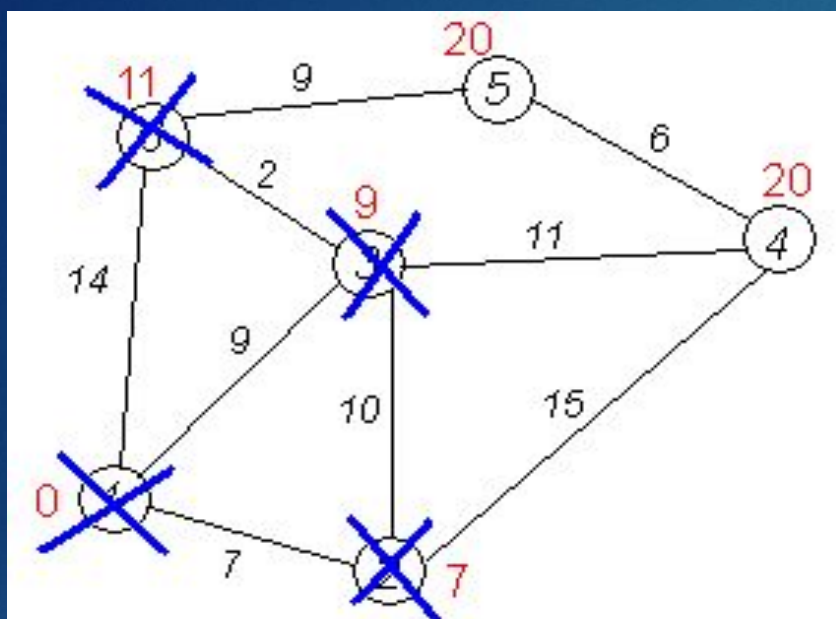
## Шаг 2.3





# Шаг 3





- ▶ Создан в 1988 году (то есть, является стандартным протоколом)
- ▶ OSPFv2 это текущая версия для IPv4 (описана в [RFC 2328](#))
- ▶ OSPF – это IGP-протокол: используется для передачи информации между маршрутизаторами в пределах одной автономной системы (AS)
- ▶ Основан на технологии link-state (SPF)

Заголовок кадра	Заголовок IP-пакета	Пакет OSPF	
		Заголовок OSPF	База данных
01-00-5E-00-00-05	224.0.0.5	Идентификаторы	Данные пакета

Для передачи пакетов использует мультикаст адреса:

224.0.0.5 все маршрутизаторы OSPF

224.0.0.6 все выделенные маршрутизаторы.



# OSPF

разослать  
модификацию при  
изменениях в  
сетевой топологии



# 5 пакетов OSPF

- ▶ **Hello** — используется для обнаружения соседей, построения отношений соседства с ними и мониторинга доступности.
- ▶ **Database Description (DBD)** — проверяет синхронизацию базы данных между маршрутизаторами.
- ▶ **Link-State Request (LSR)** — запрашивает определенные записи о состоянии каналов от маршрутизатора к маршрутизатору.
- ▶ **Link-State Update (LSU)** — отправляет определенные записи о состоянии каналов в ответ на запрос.
- ▶ **Link-State Acknowledgment (LSAck)** — подтверждает получение других типов пакетов.



# Формат заголовок пакета OSPF





# Hello-пакет

- ▶ С помощью него каждый маршрутизатор обнаруживает своих соседей;
- ▶ Он передает параметры о которых маршрутизаторы должны договориться прежде чем они станут соседями;
- ▶ Hello-пакеты выполняют роль keepalive-пакетов между соседями;
- ▶ Отвечает за установление двухсторонних коммуникаций между соседними маршрутизаторами (двухсторонняя коммуникация установлена тогда, когда маршрутизатор увидит себя в списке соседей hello-пакета полученного от соседнего маршрутизатора);
- ▶ Он выбирает выделенный маршрутизатор и резервный выделенный маршрутизатор в широковещательных и нешироковещательных сетях со множественным доступом.

```

|<----- 32 бита ----->|

+++++
| Version # | 1 | Packet length |
+++++
| Router ID |
+++++
| Area ID |
+++++
| Checksum | AuType |
+++++
| Authentication |
+++++
| Authentication |
+++++
| Network Mask |
+++++
| HelloInterval | Options | Rtr Pri |
+++++
| RouterDeadInterval |
+++++
| Designated Router |
+++++
| Backup Designated Router |
+++++
| Neighbor |
+++++
| ... |

```

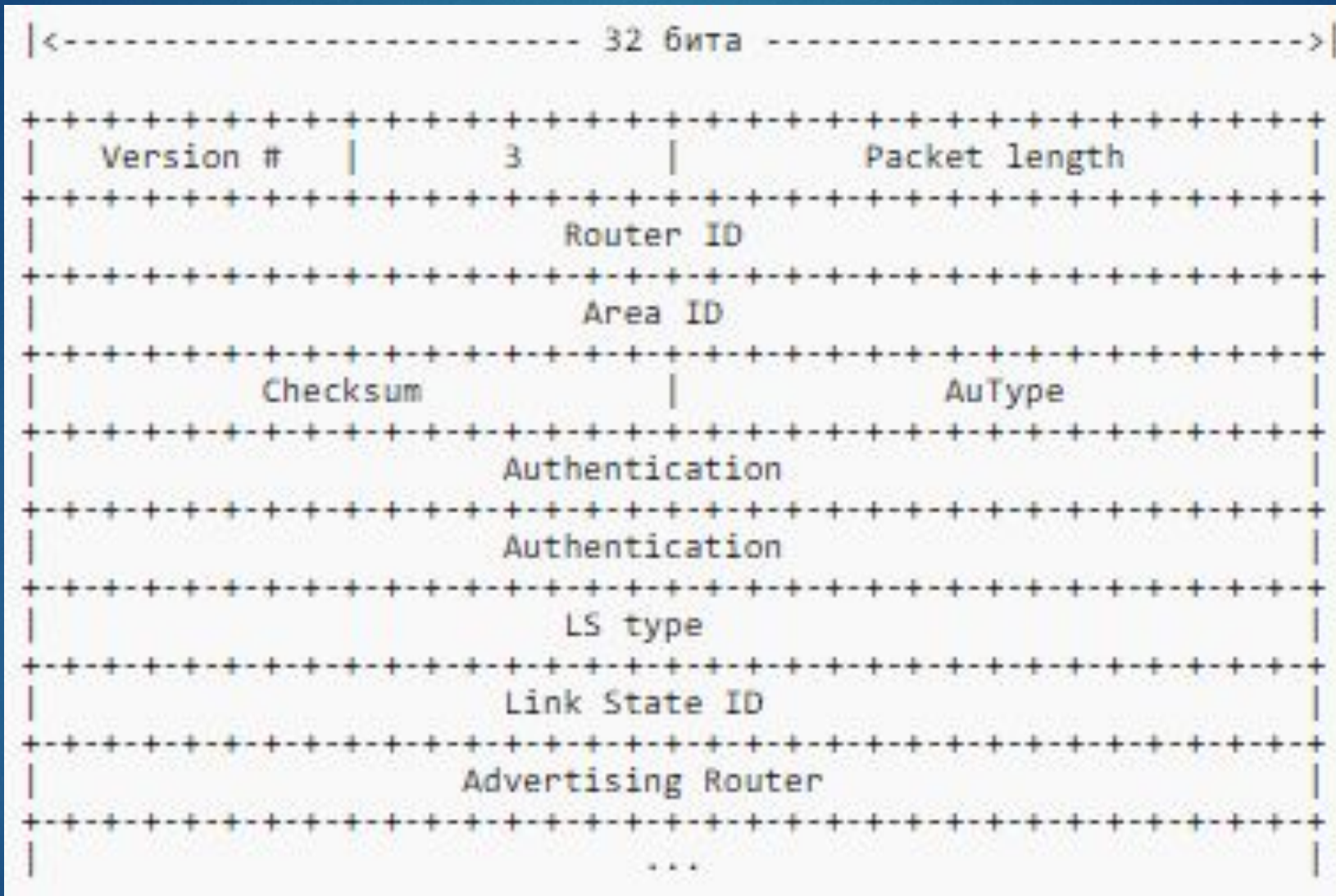


# Database Description

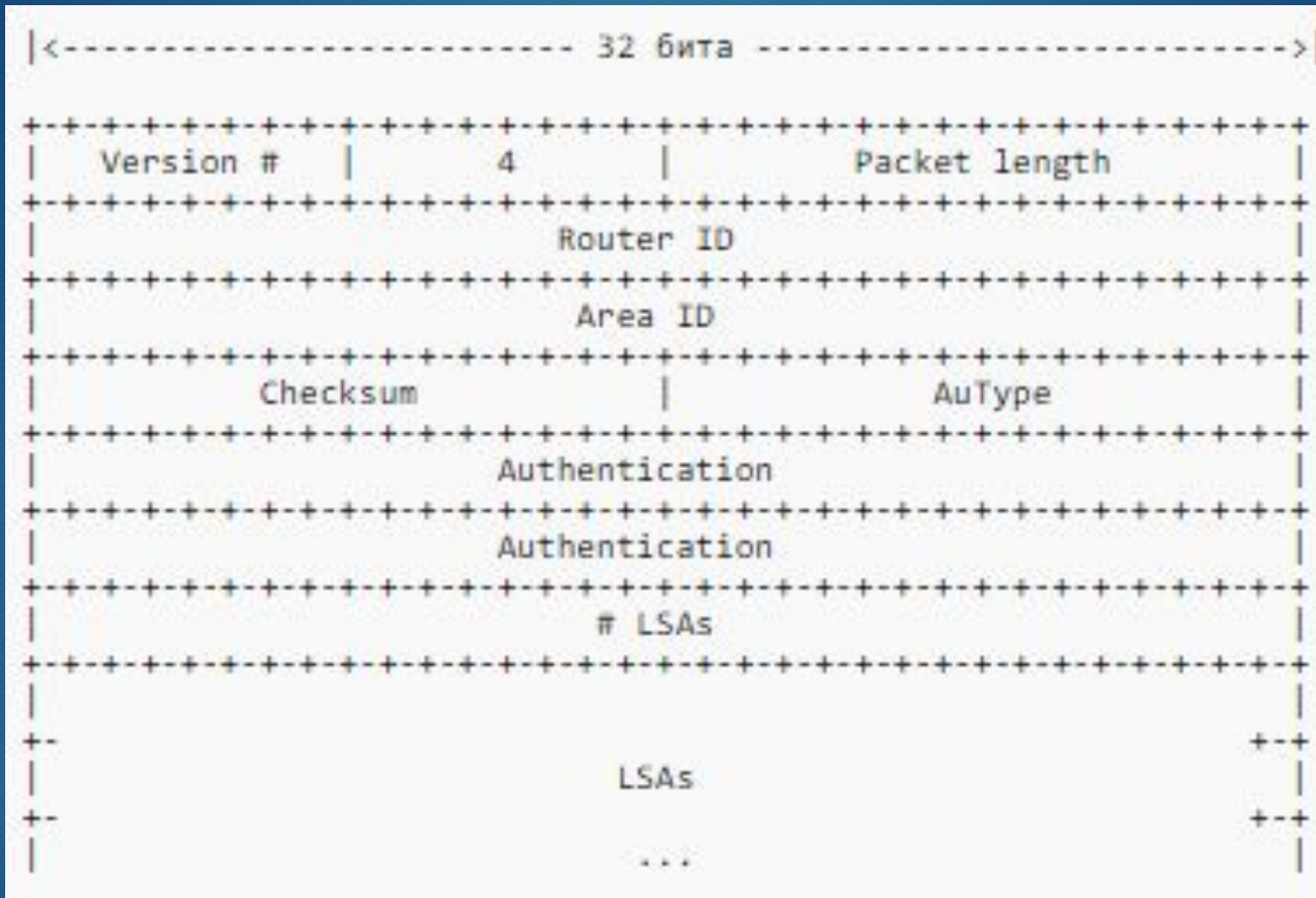




# Link State Request




# Link State Update





# Настройка



При запуске процесса OSPF на любом маршрутизаторе, обязательно должен быть выбран Router ID.

## **Типы сетей, поддерживаемые протоколом OSPF**

Широковещательные сети со множественным доступом (broadcast): Ethernet

Точка-точка (point-to-point): Туннели, T1, E1, PPP, HDLC, Frame-Relay P-to-P

Нешироковещательные сети со множественным доступом (Non Broadcast Multiple Access, NBMA): Frame-Relay, ATM, X.25



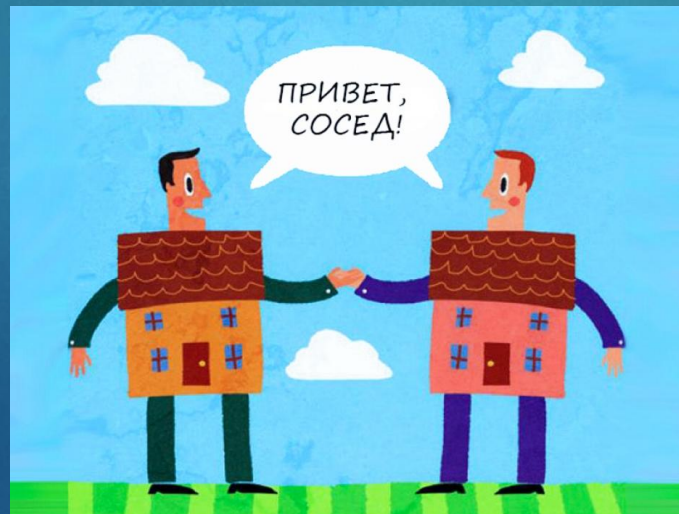
# Настройка. Соседство

Обнаружение соседей  
начинается после того как:

1. протокол был включен  
глобально
2. выбран Router ID
3. OSPF включен на интерфейсах

Необходимы совпадения полей:

- ▶ Hello Interval
- ▶ Router Dead Interval
- ▶ Area ID
- ▶ Authentication
- ▶ Stub area flag
- ▶ у маршрутизаторов должны совпадать сеть и маска сети
- ▶ значения IP MTU на интерфейсах



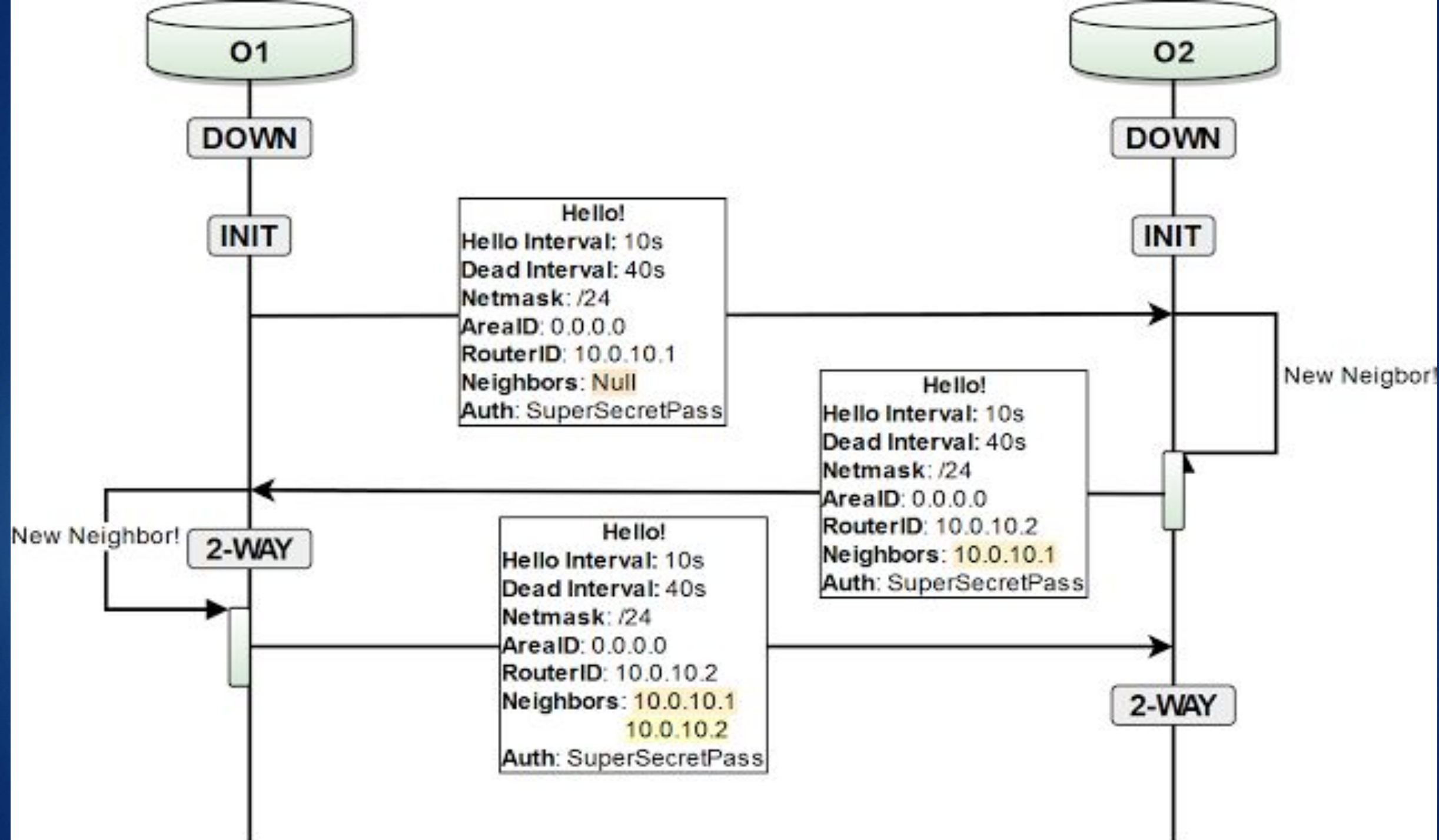
# ВОЗМОЖНЫЕ СОСТОЯНИЯ

- ▶ **Down** — начальное состояние процесса обнаружения соседей. Это состояние указывает на то, что от соседей не была получена свежая информация. В NBMA сетях Hello-пакеты могут отправляться и соседям в состоянии Down, однако с меньшей частотой (PollInterval)
- ▶ **Attempt** — это состояние имеет смысл только для соседей, которые присоединены к NBMA сетям. Оно указывает на то, что от соседа не была получена свежая информация и что нужно сделать попытку связаться с соседом.
- ▶ **Init** — состояние, в котором находится маршрутизатор, отправивший своему соседу hello и ожидающий от него ответного hello
- ▶ **Two-way** — при получении ответных hello маршрутизатор должен увидеть в них свой RID в списке соседей. Если это так, то он устанавливает отношения и переходит в состояние two-way



- ▶ **Exstart** — маршрутизаторы определяют Master/Slave отношения на основании Router ID. Маршрутизатор с высшим RID становится Master-маршрутизатором, который определяет DD Sequence number, а также первым начинает обмен DD-пакетами
- ▶ **Exchange** — маршрутизаторы посылают друг другу database description пакеты (DD) с информацией о сетях, содержащихся в их собственной LSDB
- ▶ **Loading** — Если маршрутизатор видит, что части маршрутов нет в его базе данных состояния каналов, он посылает сообщение LSR с перечислением тех сетей, по которым он хочет получить дополнительную информацию. Пока маршрутизатор находится в ожидании ответа в виде LSU сообщений, он пребывает в состоянии Loading
- ▶ **Full** — Когда маршрутизатор получил всю информацию и LSDB на обоих маршрутизаторах синхронизирована, оба маршрутизатора переходят в состояние fully adjacent (FULL)

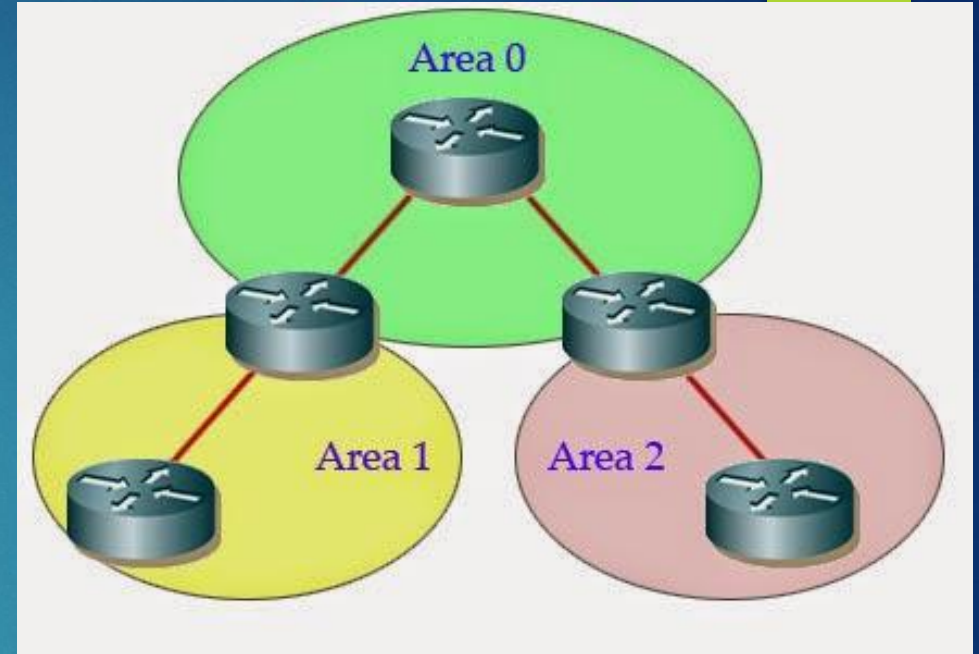




# Зоны

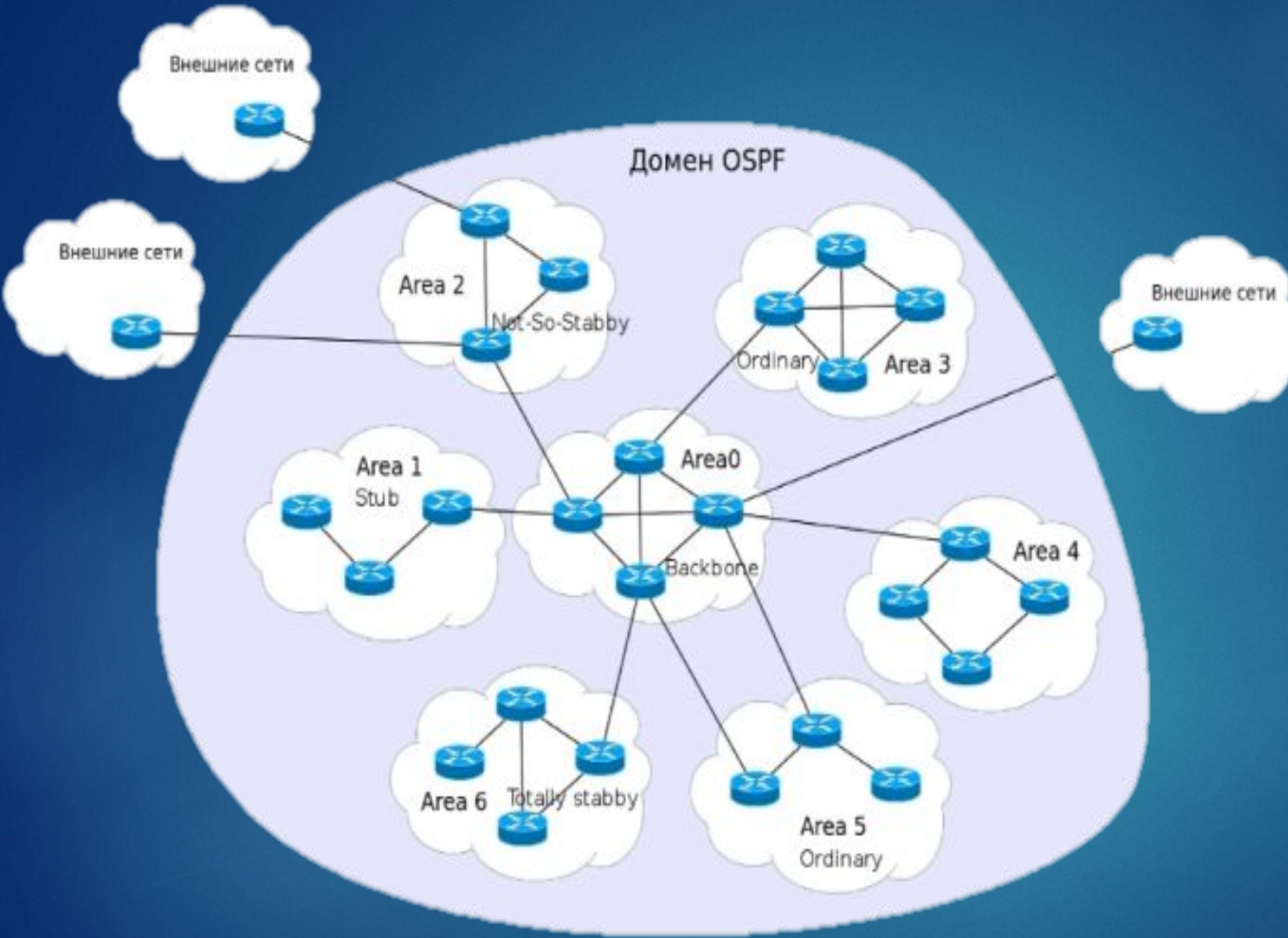
## Разделение на зоны позволяет:

- Снизить нагрузку на ЦПУ маршрутизаторов за счет уменьшения количества перерасчетов по алгоритму SPF
- Уменьшить размер таблиц маршрутизации (за счет суммирования маршрутов на границах зон)
- Уменьшить количество пакетов обновлений состояния канала.



- в зоне 0 не должно быть разрывов
- если ненулевая зона должна быть присоединена к другой ненулевой, используется:
  - virtual-link
  - обычный туннель настроенный вручную

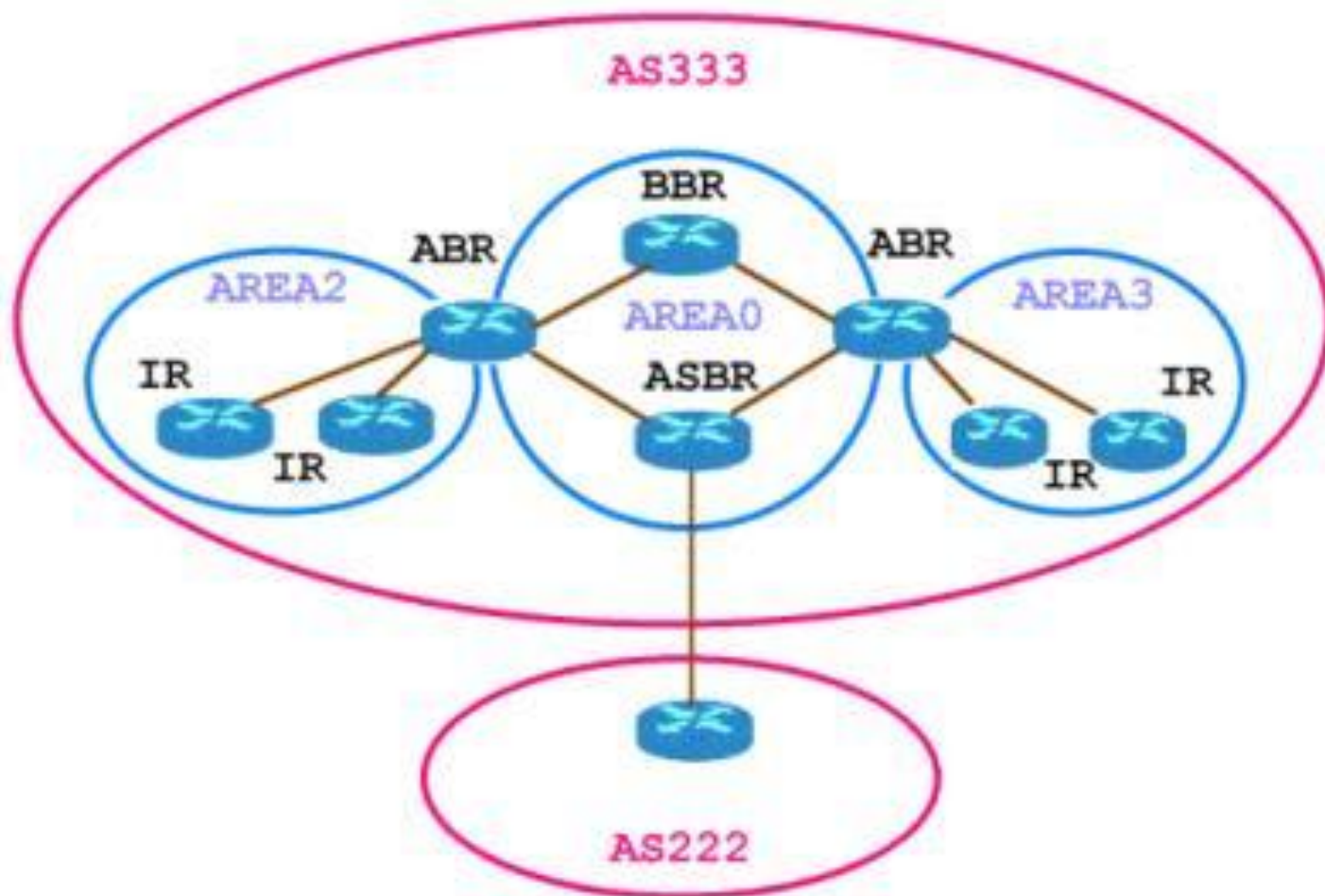




- нормальные зоны, принимающие обновления, суммарные и внешние LSA
- тупиковые зоны, не принимающие внешние LSA
- полностью тупиковые зоны, не принимающие суммарные и внешние LSA
- NSSA, не принимающие внешние LSA, но разрешающие наличие ASBR в зоне
- полностью NSSA, не принимающие суммарные и внешние LSA, но разрешающие ASBR в зоне



# Типы маршрутизаторов



- Internal Router - IR
- Area Border Router - ABR
- Backbone Router - BR
- AS Boundary Router - ASBR

# DR, BDR, DROther

Router A

OSPF Priority: 100

Role: DR



Router B

OSPF Priority: 50

Role: BDR



Router C

OSPF Priority: 10

Role: DROther

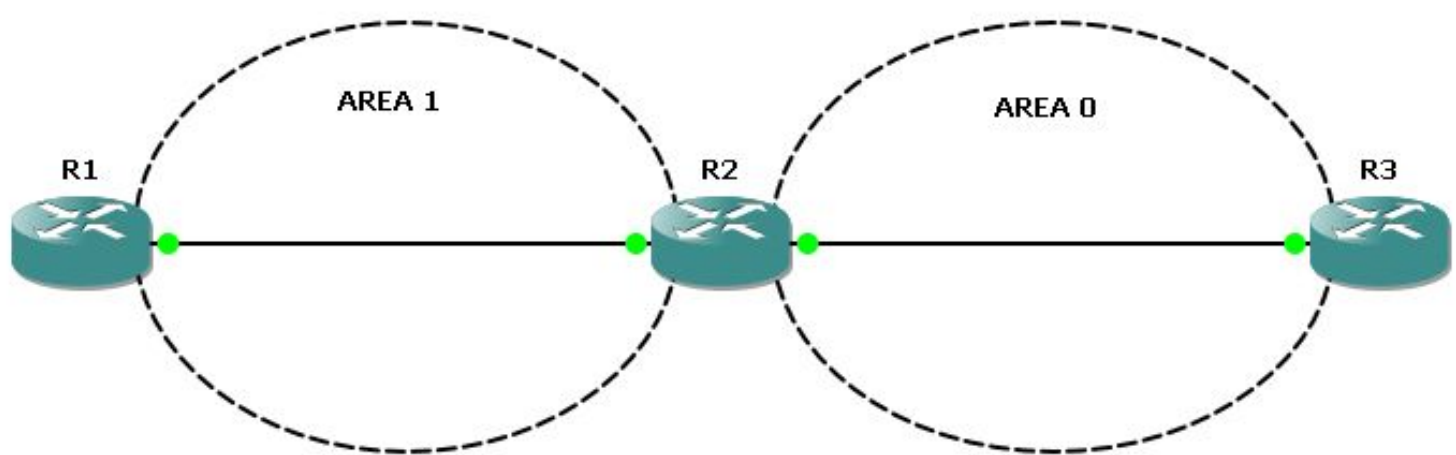
# Маршрутизаторы и LSA

- ▶ **Объявление о состоянии канала (Link State Advertisement, LSA)** — единица данных, которая описывает локальное состояние маршрутизатора или сети.

У каждого типа LSA своя функция:

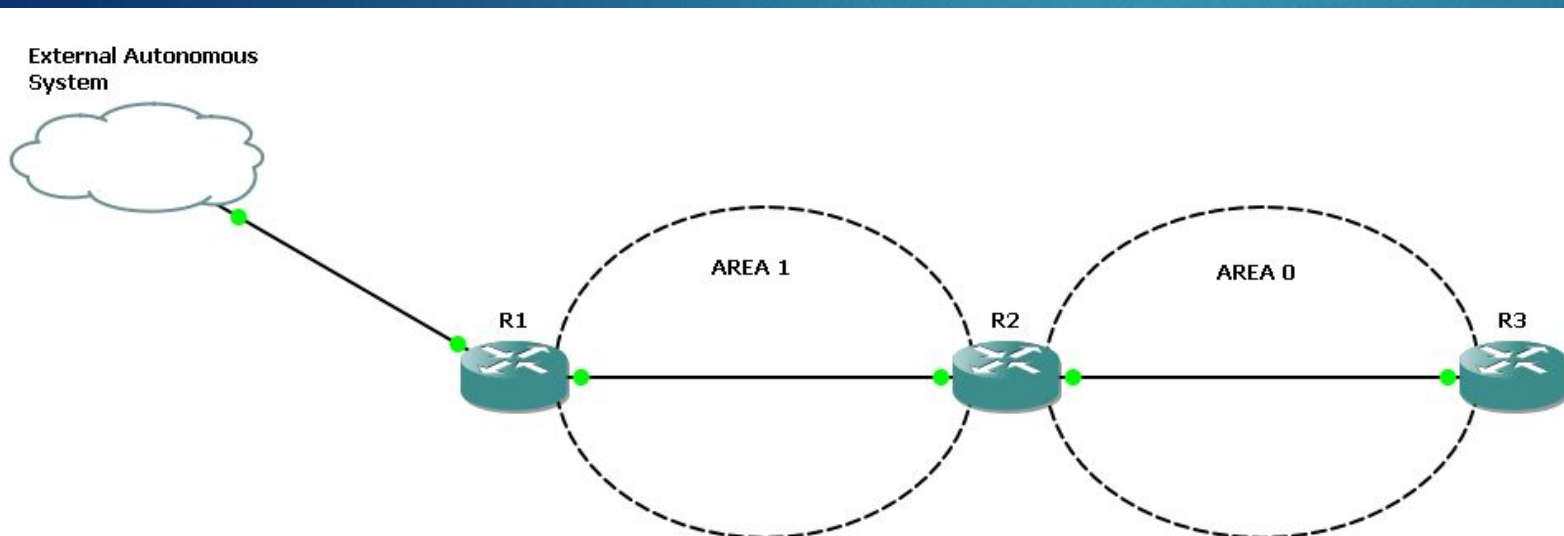
- ▶ Router LSA и Network LSA описывают каким образом соединены маршрутизаторы и сети внутри зоны.
- ▶ Summary LSA предназначены для сокращения количества передаваемой информации о зонах. Описывают сети других зон для локальной.
- ▶ ASBR Summary LSA описывает для других зон, как дойти до локального ASBR.
- ▶ AS External LSA позволяет передавать по автономной системе информацию, которая получена из внешних источников (например, из другого протокола маршрутизации).





Здесь пограничный роутер – это маршрутизатор R2. Он соединяет бэкбон с другими областями.

В этой сети у нас будут ходить объявления **LSA только 1,2 и 3.**



R1 – будет пограничный роутер автономной системы. У него есть внешние маршруты, которые он может транслировать соседям. В такой топологии будут рассылаться **LSA 1,2,3,4 и 5.**

**Type 7 LSA** — AS External LSA for NSSA — Эти анонсы могут передаваться только в NSSA зоне. На границе зоны пограничный маршрутизатор преобразует type 7 LSA в type 5 LSA.

**Type 8 LSA** — Link LSA — анонсирует link-local адрес и префикс рутера всем рутерам разделяющим канал (link).

# Выбор лучшего маршрута

Различные типы маршрутов, в порядке убывания приоритета:

1. Внутренние маршруты зоны (intra-area)
2. Маршруты между зонами (interarea)
3. Внешние маршруты типа 1 (E1)
4. Внешние маршруты типа 2 (E2)

Тип Интерфейса	$10^8$ / bps = Стоимость
Fast Ethernet и более быстрый	$10^8 / 100,000,000 \text{ bps} = 1$
Ethernet	$10^8 / 10,000,000 \text{ bps} = 10$
E1	$10^8 / 2,048,000 \text{ bps} = 48$
T1	$10^8 / 1,544,000 \text{ bps} = 64$
128 kbps	$10^8 / 128,000 \text{ bps} = 781$
64 kbps	$10^8 / 64,000 \text{ bps} = 1562$
56 kbps	$10^8 / 56,000 \text{ bps} = 1785$

# Построение таблицы маршрутизации

- ▶ Текущая таблица маршрутизации обнуляется;
- ▶ Вычисление внутризональных маршрутов;
- ▶ Вычисляются межзональные маршруты;
- ▶ На пограничных маршрутизаторах, которые присоединены к одной или более транзитным зонам проверяются суммарные LSA транзитных зон на наличие лучших путей, чем пути, которые были обнаружены на этапах 2-3;
- ▶ Высчитываются маршруты к внешним сетям.



# Настройка. Практика

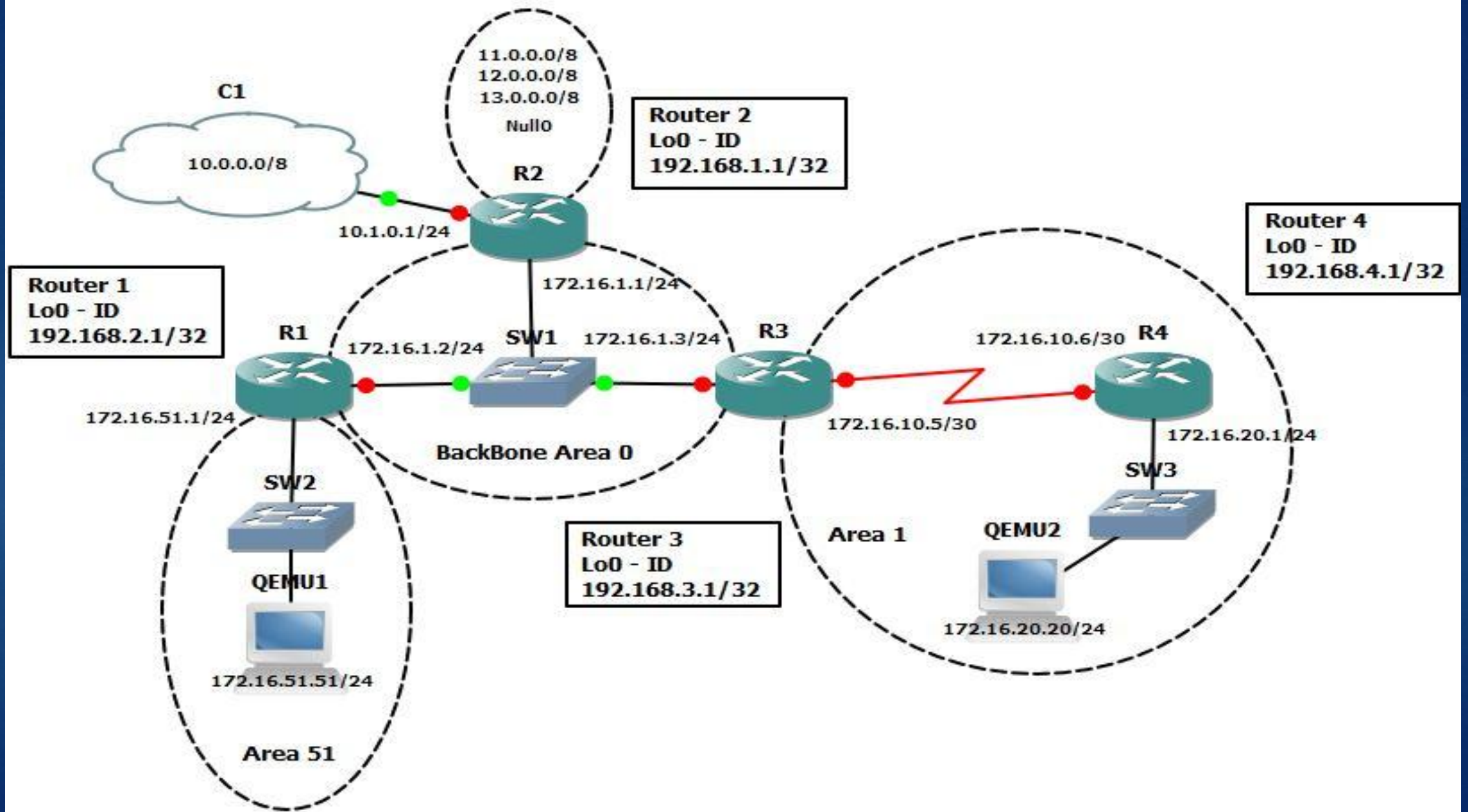
Протокол *OSPF* формирует три базы данных, на основе которых создает соответствующие таблицы:

- **База данных смежности:** `show ip ospf neighbor`
- **Таблица топологии** сети: `show ip ospf database`
- **Таблица маршрутизации:** `show ip route`

```
R6#show ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
1.1.1.1	1	2WAY/DROTHER	00:00:32	172.16.0.3	FastEthernet0/0
33.33.33.33	1	FULL/DR	00:00:39	172.16.0.1	FastEthernet0/0
44.44.44.44	1	2WAY/DROTHER	00:00:34	172.16.0.5	FastEthernet0/0
123.123.123.123	1	2WAY/DROTHER	00:00:32	172.16.0.4	FastEthernet0/0
222.222.222.222	1	FULL/BDR	00:00:30	172.16.0.2	FastEthernet0/0

# Пример





```
R2>en
R2#conf t
R2(config)#interface loopback 0 – создаем loopback интерфейс
R2(config-if)#ip address 192.168.1.1 255.255.255.255 – назначаем ему IP - адрес
R2(config-if)#exit
R2(config)#interface fa 0/0
R2(config-if)#ip address 172.16.1.1 255.255.255.0
R2(config-if)#no sh - Команда no shutdown включает интерфейс.
R2(config-if)#exit
R2(config)#interface fa 0/1
R2(config-if)#ip address 10.1.0.1 255.255.255.0
R2(config-if)#no sh
R2(config-if)#exit
R2(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 10.1.0.2 – добавляем default route
```

```
R2(config)#ip route 11.0.0.0 255.0.0.0 null 0 – добавляем статический маршрут
R2(config)#ip route 12.0.0.0 255.0.0.0 null 0
R2(config)#ip route 13.0.0.0 255.0.0.0 null 0
R2(config)#router ospf 1 – заходим в настройки OSPF и одновременно запускаем процесс
R2(config-router)#network 172.16.1.0 0.0.0.255 area 0 – добавляем все интерфейсы из сети 172.16.1.x в Area 0 (магистральная зона)
R2(config-router)#default-information originate – прописываем, что default route будет объявляться всем участникам OSPF этим роутером
R2(config-router)#redistribute static subnets – включаем редистрибуцию статических маршрутов в процесс OSPF. Таким образом, об этих маршрутах будут знать все участники процесса OSPF, а не только R2.
R2(config-router)#exit
R2(config)#exit
R2#write terminal
```



```
interface Loopback0
 ip address 192.168.1.1 255.255.255.255
!
interface FastEthernet0/0
 ip address 172.16.1.1 255.255.255.0
 duplex auto
 speed auto
!
interface Serial0/0
 no ip address
 shutdown
 clock rate 2000000
!
interface FastEthernet0/1
 ip address 10.1.0.1 255.255.255.0
 duplex auto
 speed auto
!
interface Serial0/1
 no ip address
 shutdown
 clock rate 2000000
```

```
!
interface Serial0/2
 no ip address
 shutdown
 clock rate 2000000
!
router ospf 1
 log-adjacency-changes
 redistribute static subnets
 network 172.16.1.0 0.0.0.255 area 0
 default-information originate
!
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 10.1.0.2
ip route 11.0.0.0 255.0.0.0 Null0
ip route 12.0.0.0 255.0.0.0 Null0
ip route 13.0.0.0 255.0.0.0 Null0
```

## Настраиваем роутер R3:

```
R3(config-if)#ip address 192.168.3.1 255.255.255.255
```

```
R3(config-if)#ip address 172.16.1.3 255.255.255.0
```

```
R3(config-if)#ip ospf priority 100 – делаем этот роутер резервным выделенным маршрутизатором (BDR).
```

```
R3(config)#interface serial 0/0
```

```
R3(config-if)#ip address 172.16.10.5 255.255.255.252
```

```
R3(config-if)#clock rate 56000 - задаем реальную скорость канала в битах
```

```
R3(config)#router ospf 1
```

```
R3(config-router)#network 172.16.1.0 0.0.0.255 area 0
```

*\*Mar 1 00:04:44.003: %OSPF-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 192.168.2.1 on FastEthernet0/0 from LOADING to FULL, Loading Done*

*\*Mar 1 00:04:47.783: %OSPF-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 192.168.1.1 on FastEthernet0/0 from LOADING to FULL, Loading Done – наши роутеры увидели друг друга и «договорились».*

```
R3(config-router)#network 172.16.10.4 0.0.0.3 area 1
```

```
R3(config-router)#area 1 stub – эта команда определяет Area 1 как «тупиковая зона». В нее не будут отсылаться некоторые типы LSA (4 и 5) и будет объявляться только default route.
```

```
R3(config-router)#exit
```

```
R3(config)#exit
```

```
R3#wr
```



## Настроим последний роутер R4:

R4>en

R4#conf t

R4(config)#interface loopback 0

R4(config-if)#ip address 192.168.4.1 255.255.255.255

R4(config-if)#description Router ID

R4(config-if)#exit

R4(config)#interface fa 0/0

R4(config-if)#ip address 172.16.20.1 255.255.255.0

R4(config-if)#description To\_host

R4(config-if)#no shutdown

R4(config-if)#exit

R4(config)#interface serial 0/0

R4(config-if)#ip address 172.16.10.6 255.255.255.252

R4(config-if)#no shutdown

R4(config-if)#exit

R4(config)#router ospf 1

R4(config-router)#network 172.16.0.0 0.0.255.255 area 1 – в OSPF Area 1 попадут все интерфейсы, имеющие IP – адреса из сетей 172.16.x.x.

R4(config-router)#area 1 stub – также обозначаем нашу зону, как «тупиковую».

\*Mar 1 00:03:54.239: %OSPF-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 192.168.3.1 on Serial0/0 from LOADING to FULL, Loading

Done – наш роутер включился в процесс OSPF.

R4(config-router)#exit

R4(config)#exit

R4#wr



## Таблица маршрутизации роутера R2

```
R2#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route
```

```
Gateway of last resort is 10.1.0.2 to network 0.0.0.0
```

```
172.16.0.0/16 is variably subnetted, 4 subnets, 2 masks
O IA   172.16.51.0/24 [110/20] via 172.16.1.2, 00:28:46, FastEthernet0/0
O IA   172.16.20.0/24 [110/84] via 172.16.1.3, 00:27:26, FastEthernet0/0
O IA   172.16.10.4/30 [110/74] via 172.16.1.3, 00:28:46, FastEthernet0/0
C       172.16.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C       10.1.0.0 is directly connected, FastEthernet0/1
S       11.0.0.0/8 is directly connected, Null0
S       12.0.0.0/8 is directly connected, Null0
192.168.1.0/32 is subnetted, 1 subnets
C       192.168.1.1 is directly connected, Loopback0
S       13.0.0.0/8 is directly connected, Null0
S*     0.0.0.0/0 [1/0] via 10.1.0.2
```

```
R2#
```

# Таблица маршрутизации роутера R1

```
R1#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route
```

```
Gateway of last resort is 172.16.1.1 to network 0.0.0.0
```

```
    172.16.0.0/16 is variably subnetted, 4 subnets, 2 masks
C       172.16.51.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
O IA    172.16.20.0/24 [110/84] via 172.16.1.3, 00:30:12, FastEthernet0/0
O IA    172.16.10.4/30 [110/74] via 172.16.1.3, 00:31:33, FastEthernet0/0
C       172.16.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
O E2    11.0.0.0/8 [110/20] via 172.16.1.1, 00:30:07, FastEthernet0/0
O E2    12.0.0.0/8 [110/20] via 172.16.1.1, 00:30:07, FastEthernet0/0
O E2    13.0.0.0/8 [110/20] via 172.16.1.1, 00:30:09, FastEthernet0/0
    192.168.2.0/32 is subnetted, 1 subnets
C       192.168.2.1 is directly connected, Loopback0
O*E2    0.0.0.0/0 [110/1] via 172.16.1.1, 00:30:09, FastEthernet0/0
R1#
```

Handwritten red annotations on the right side of the output:

- A bracket groups the two OSPF IA routes (172.16.20.0/24 and 172.16.10.4/30) with a label "-1".
- A bracket groups the three OSPF E2 routes (11.0.0.0/8, 12.0.0.0/8, and 13.0.0.0/8) with a label "-2".
- A bracket groups the Loopback0 route (192.168.2.1) with a label "-3".
- A bracket groups the default route (0.0.0.0/0) with a label "-4".



# Таблица маршрутизации роутера R3

```
R3#sh ip ro
R3#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 172.16.1.1 to network 0.0.0.0

    172.16.0.0/16 is variably subnetted, 4 subnets, 2 masks
O IA   172.16.51.0/24 [110/20] via 172.16.1.2, 00:32:40, FastEthernet0/0 - 1
O      172.16.20.0/24 [110/74] via 172.16.10.6, 00:32:40, Serial0/0 - 2
C      172.16.10.4/30 is directly connected, Serial0/0
C      172.16.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
O E2   11.0.0.0/8 [110/20] via 172.16.1.1, 00:32:40, FastEthernet0/0
O E2   12.0.0.0/8 [110/20] via 172.16.1.1, 00:32:40, FastEthernet0/0
O E2   13.0.0.0/8 [110/20] via 172.16.1.1, 00:32:42, FastEthernet0/0
    192.168.3.0/32 is subnetted, 1 subnets
C      192.168.3.1 is directly connected, Loopback0 - 4
O*E2   0.0.0.0/0 [110/1] via 172.16.1.1, 00:32:42, FastEthernet0/0 - 5
R3#
```




# Таблица маршрутизации роутера R4

```
R4#sh ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 172.16.10.5 to network 0.0.0.0

    172.16.0.0/16 is variably subnetted, 4 subnets, 2 masks
O IA   172.16.51.0/24 [110/84] via 172.16.10.5, 00:37:14, Serial0/0
C      172.16.20.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C      172.16.10.4/30 is directly connected, Serial0/0
O IA   172.16.1.0/24 [110/74] via 172.16.10.5, 00:37:14, Serial0/0
    192.168.4.0/32 is subnetted, 1 subnets
C      192.168.4.1 is directly connected, Loopback0
O*IA 0.0.0.0/0 [110/65] via 172.16.10.5, 00:37:14, Serial0/0
R4#
```



# Команда show ip ospf neighbor

R2

```
R2#sh ip ospf nei
R2#sh ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
192.168.2.1	200	FULL/DR ←	00:00:37	172.16.1.2	FastEthernet0/0
192.168.3.1	100	FULL/BDR ←	00:00:39	172.16.1.3	FastEthernet0/0

```
R2#
```

R3

```
R3#sh ip ospf ne
R3#sh ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
192.168.1.1	1	FULL/DROTHER	00:00:30	172.16.1.1	FastEthernet0/0
192.168.2.1	200	FULL/DR	00:00:30	172.16.1.2	FastEthernet0/0
192.168.4.1	0	FULL/ -	00:00:34	172.16.10.6	Serial0/0

```
R3#
```