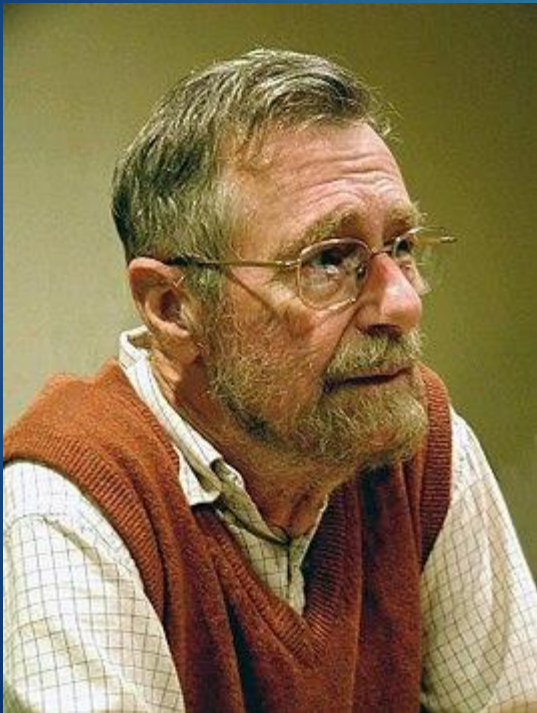




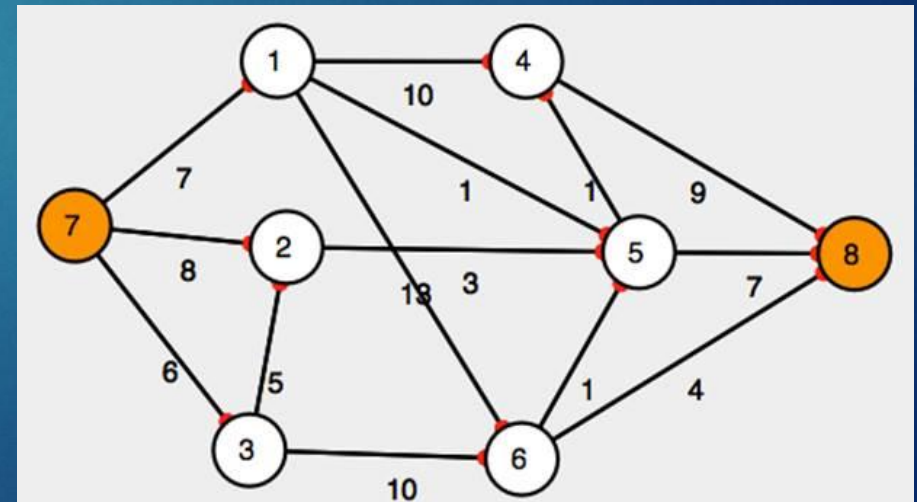
OSPF

ОСНОВЫ ПРОТОКОЛА

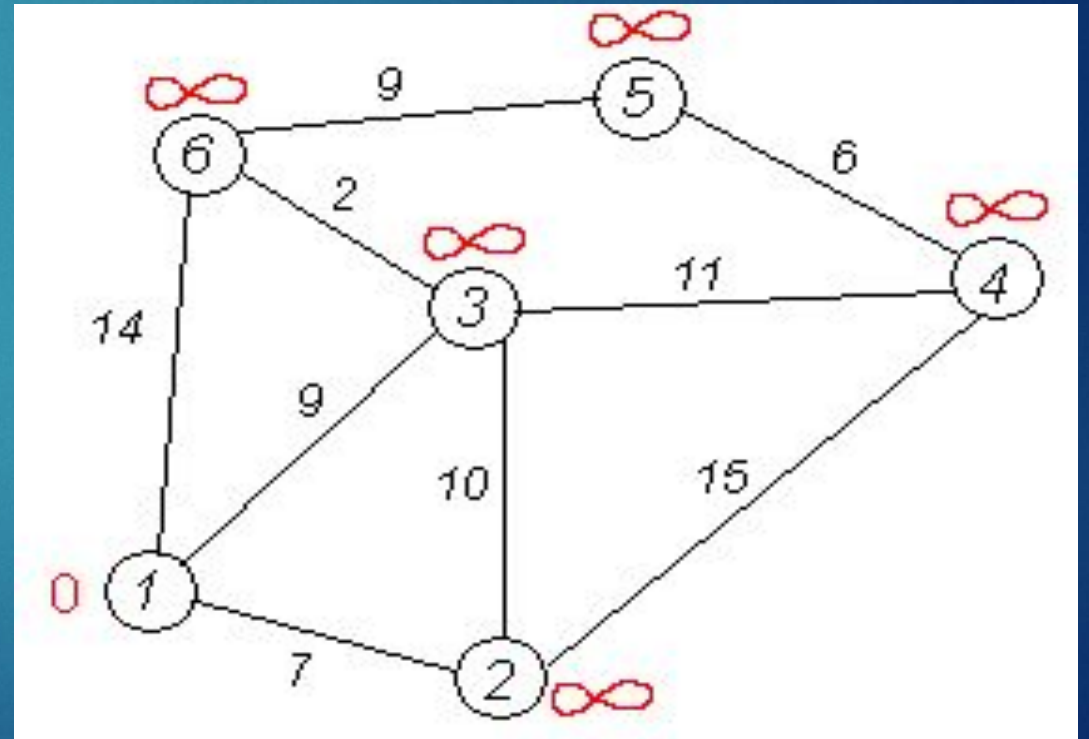
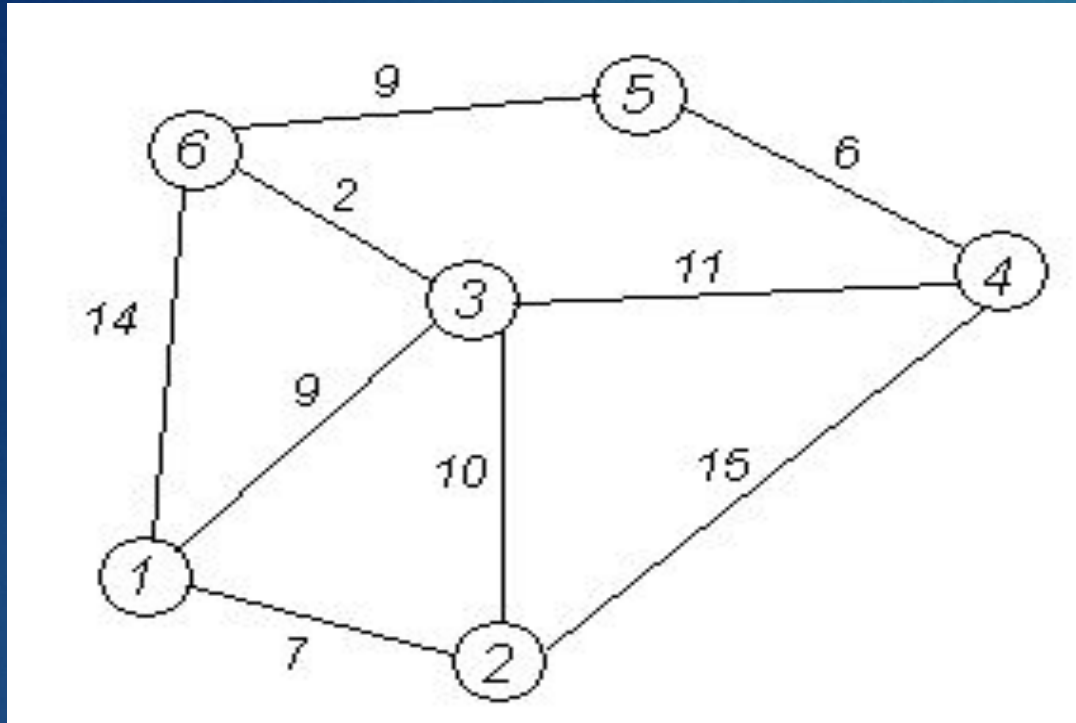
- ▶ OSPF (англ. Open Shortest Path First) — протокол динамической маршрутизации, основанный на технологии отслеживания состояния канала (это значит, что он требует отправки объявлений о состоянии канала) и использующий для нахождения кратчайшего пути алгоритм Дейкстры.



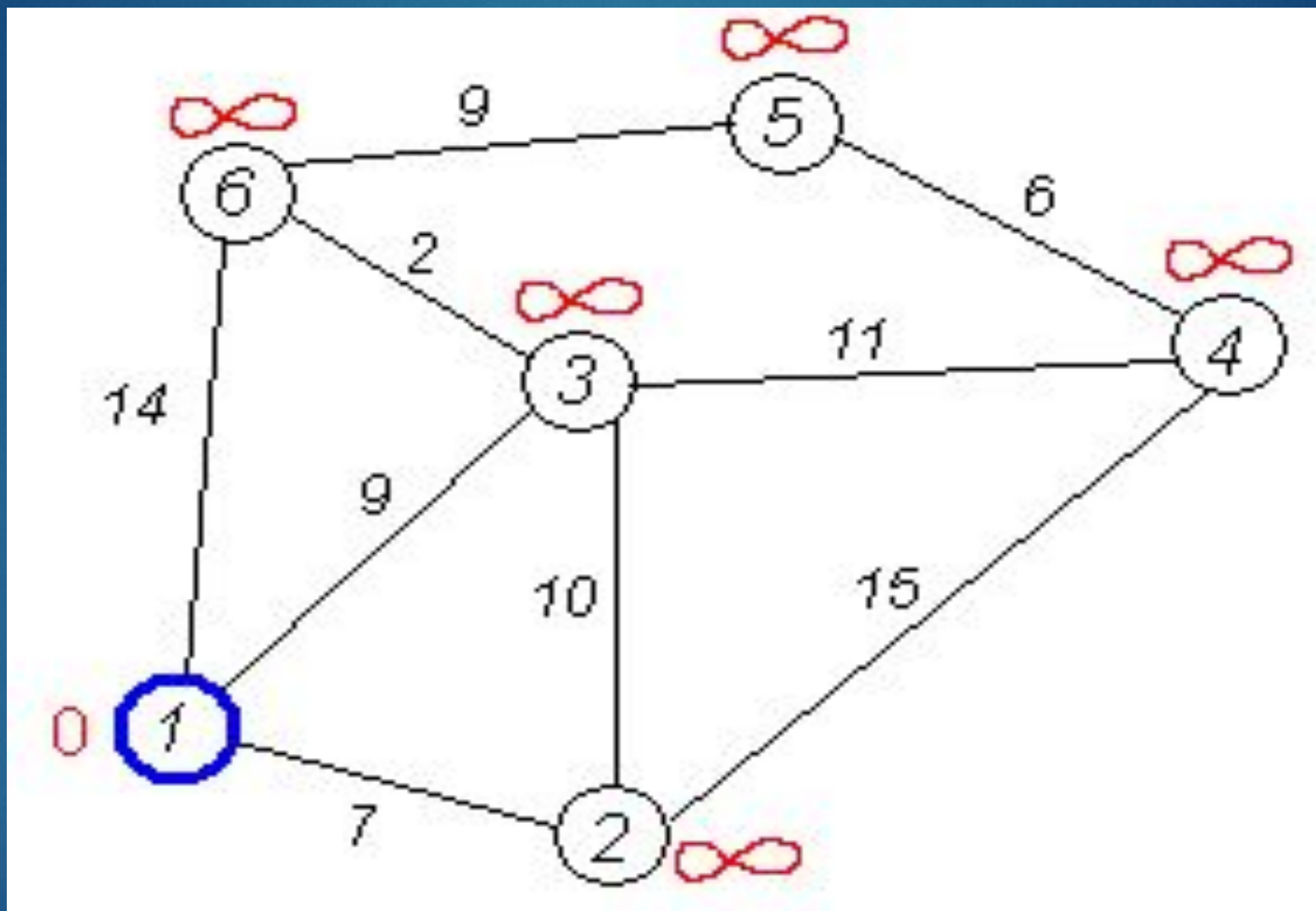
Алгоритм Дейкстры — алгоритм на графах, изобретённый нидерландским учёным Эдсгером Дейкстрой в 1959 году. Находит кратчайшие пути от одной из вершин графа до всех остальных.



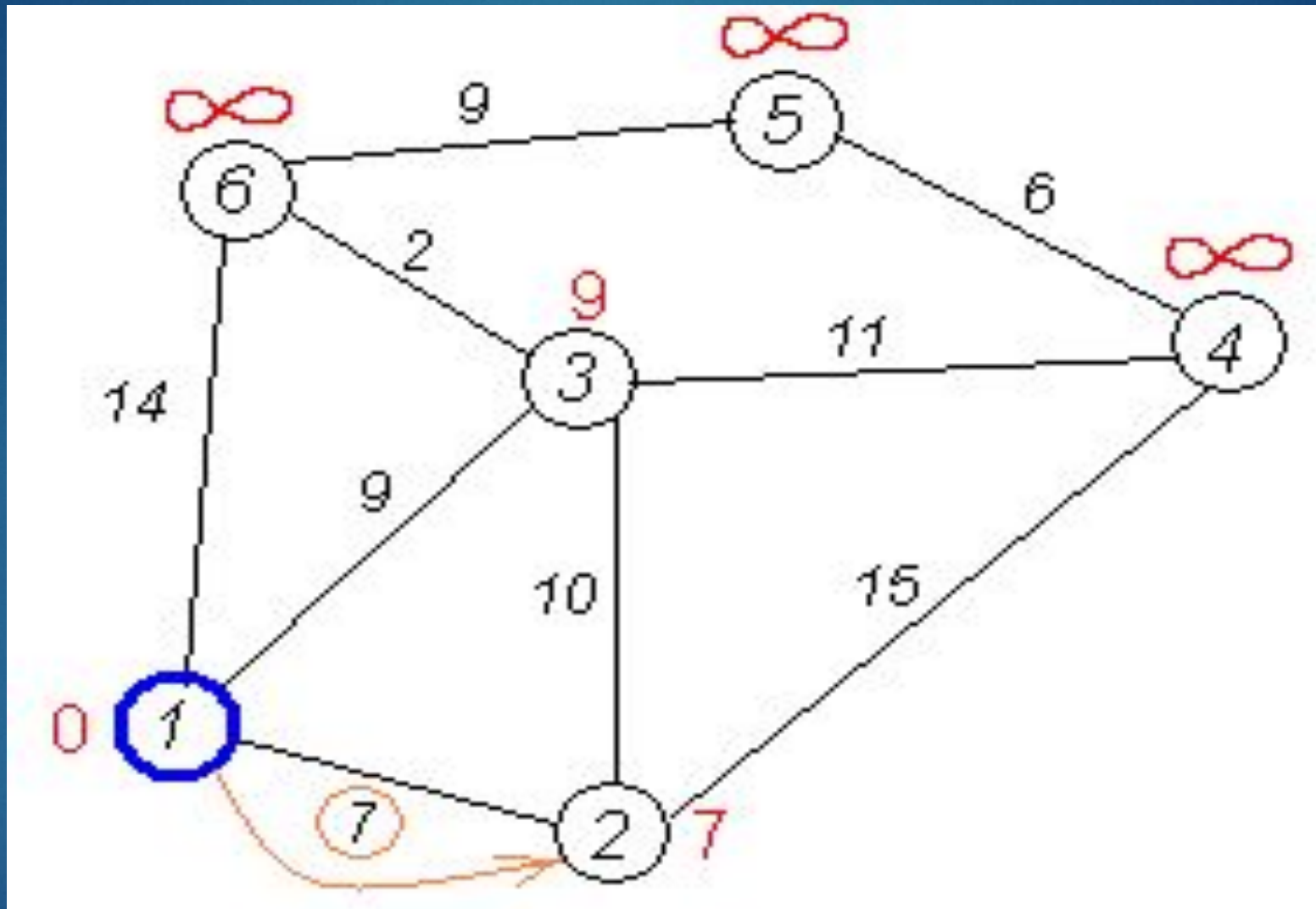
АЛГОРИТМ В ДЕТАЛЯХ



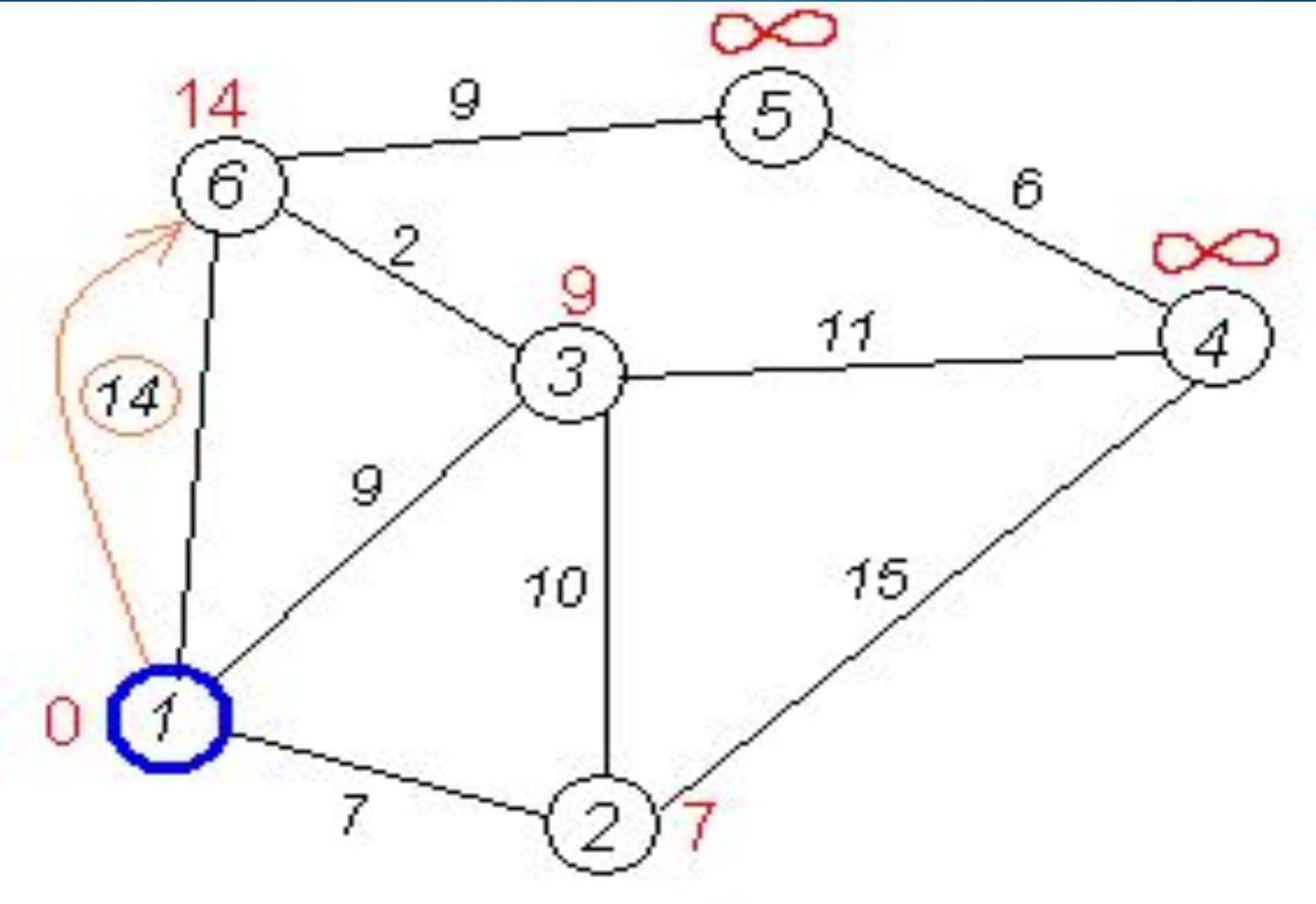
Шаг 1



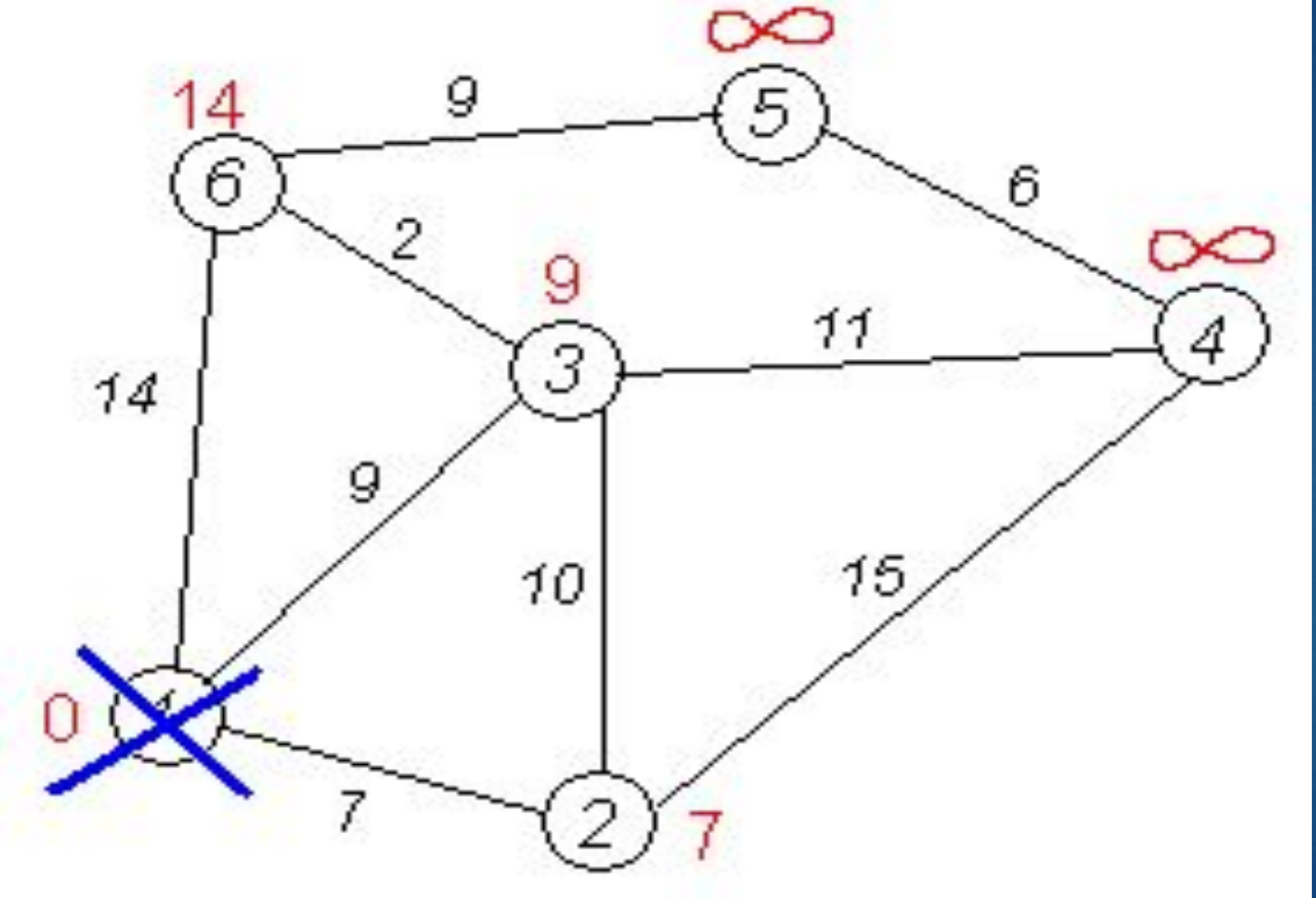
Шаг 1.1



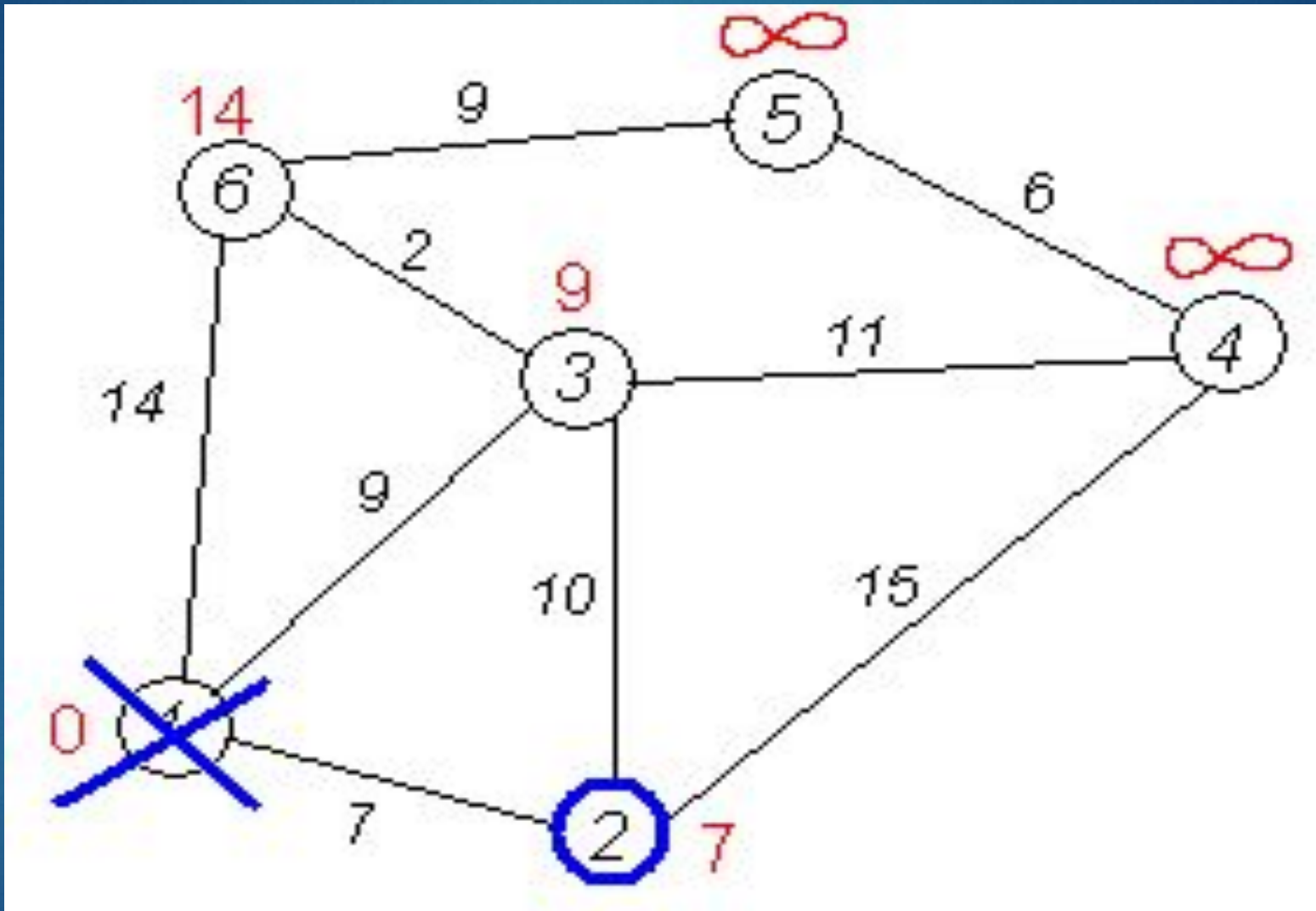
Шаг 1.2



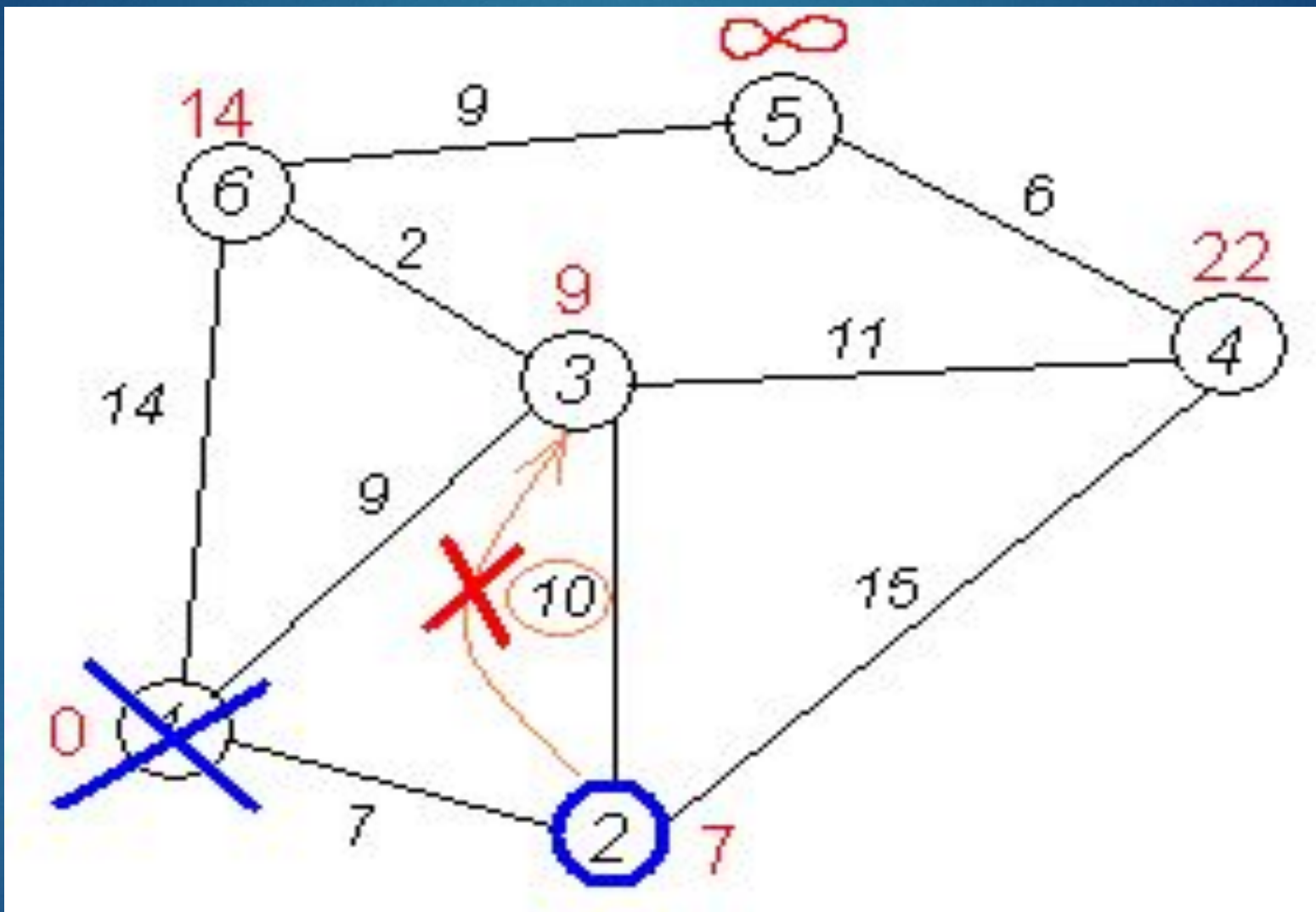
Шаг 1.3



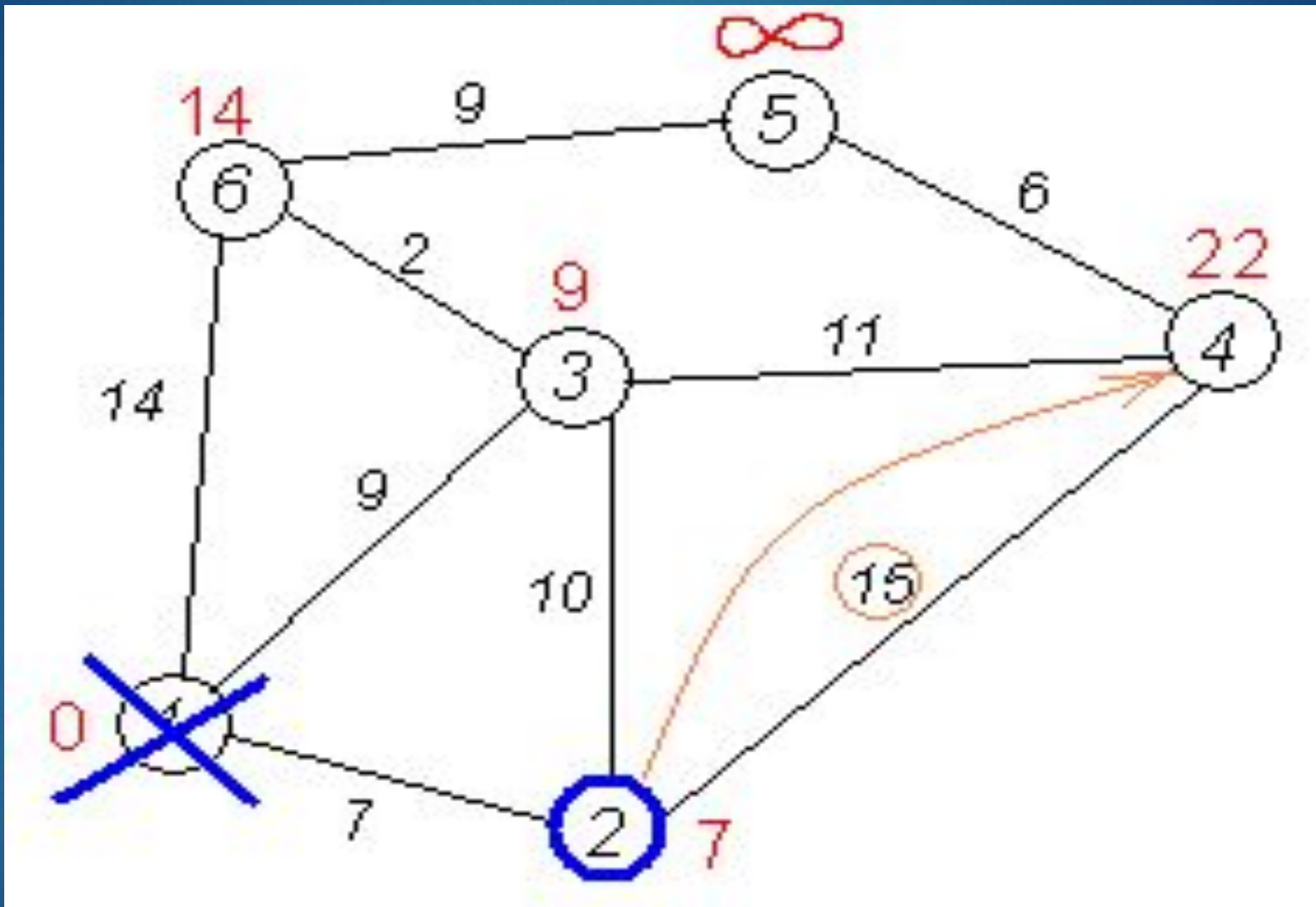
Шаг 2



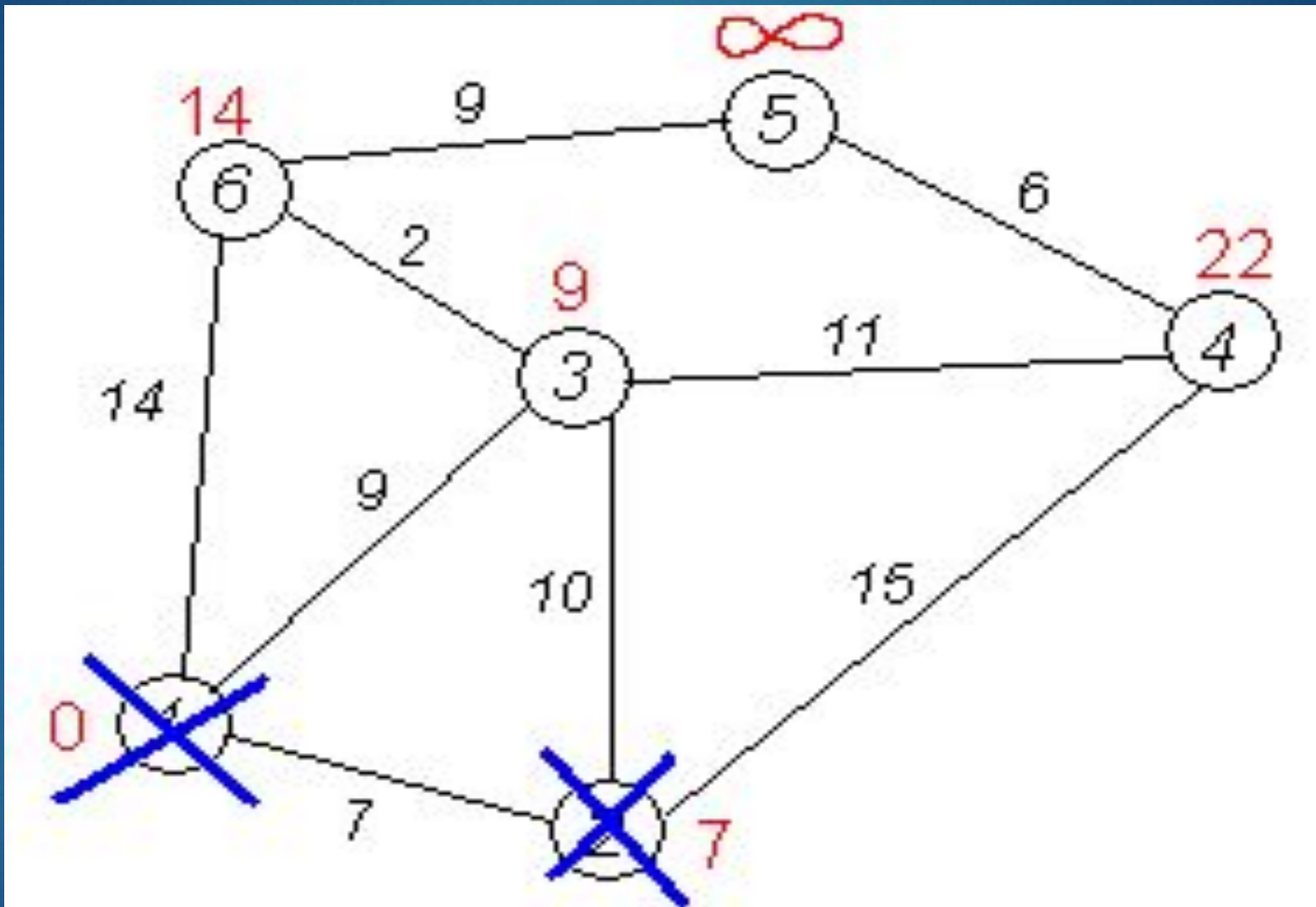
Шаг 2.1



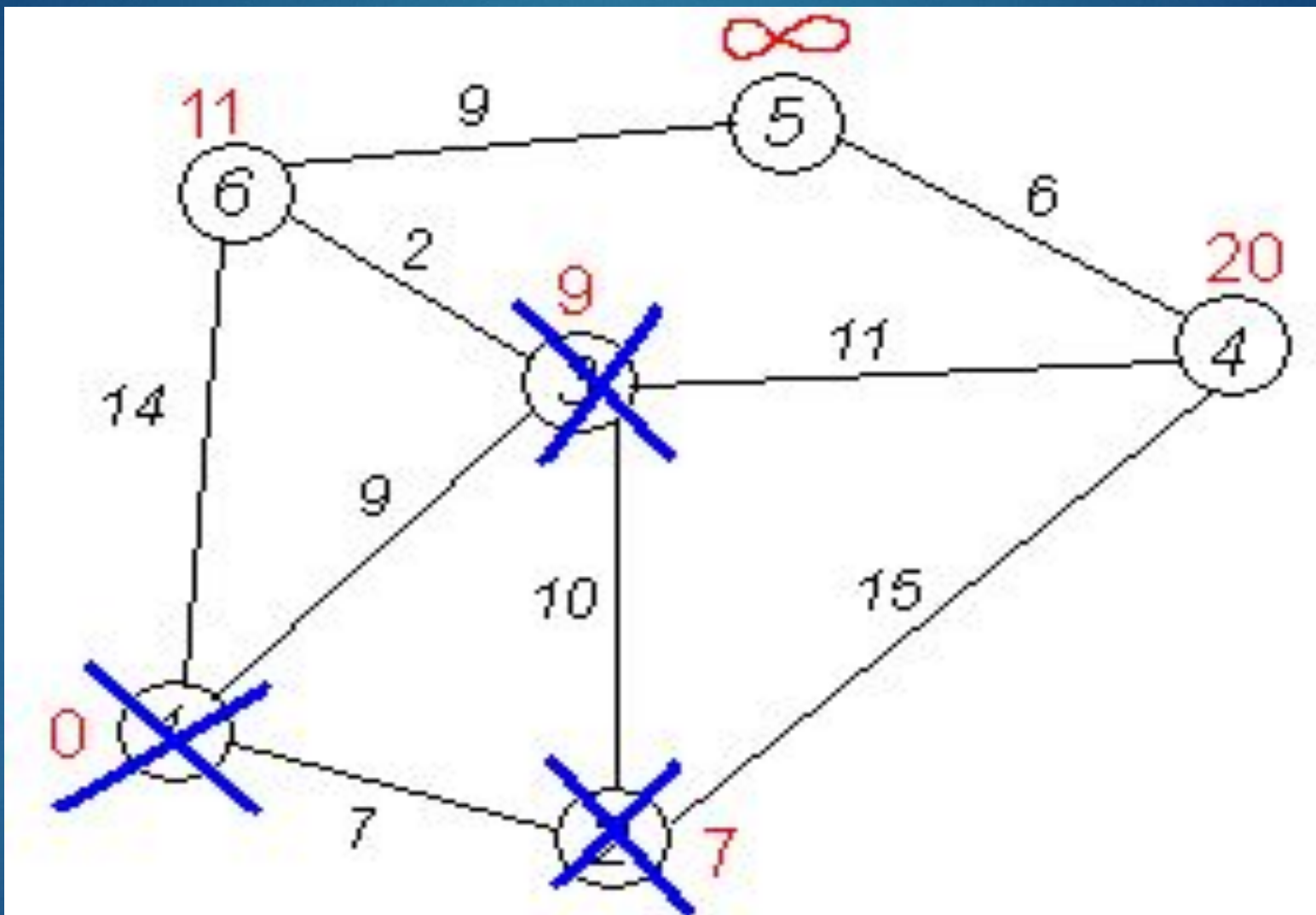
Шаг 2.2

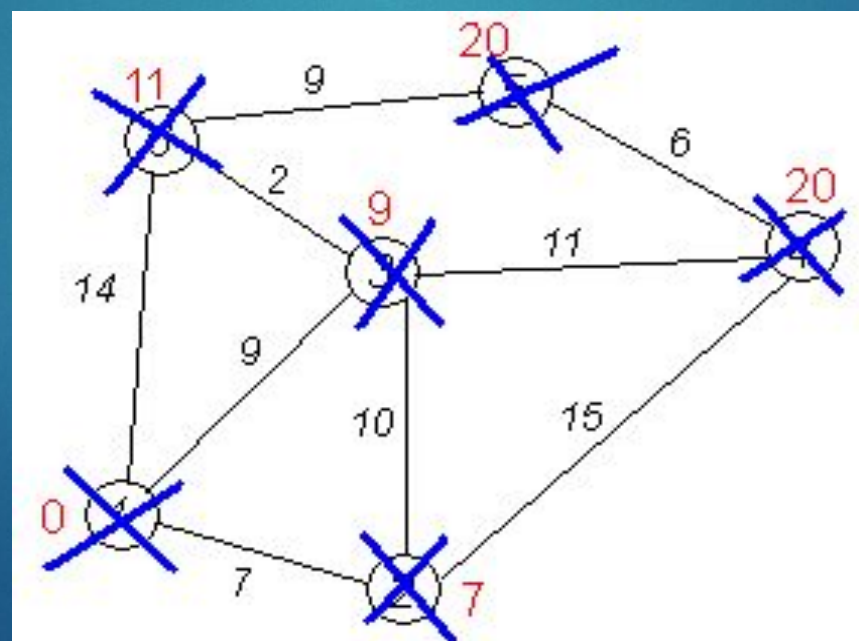
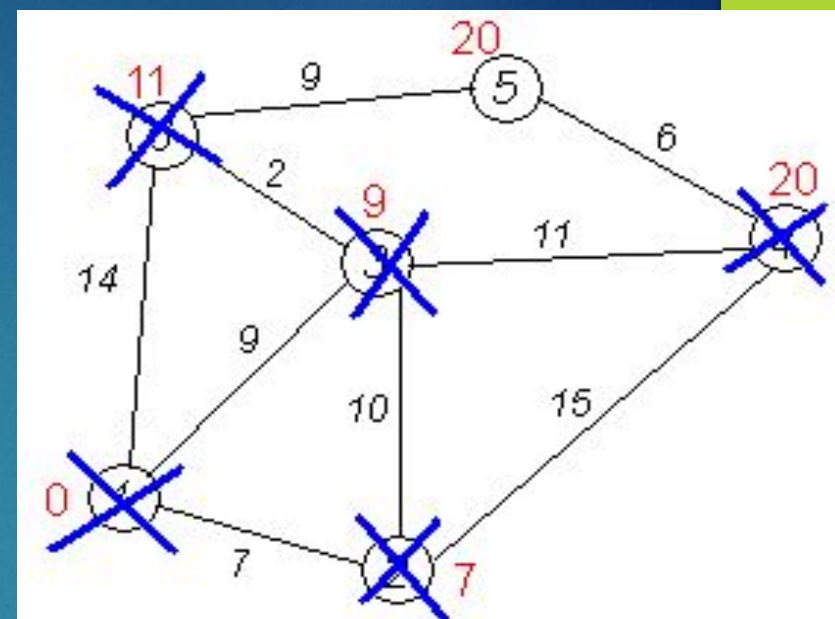
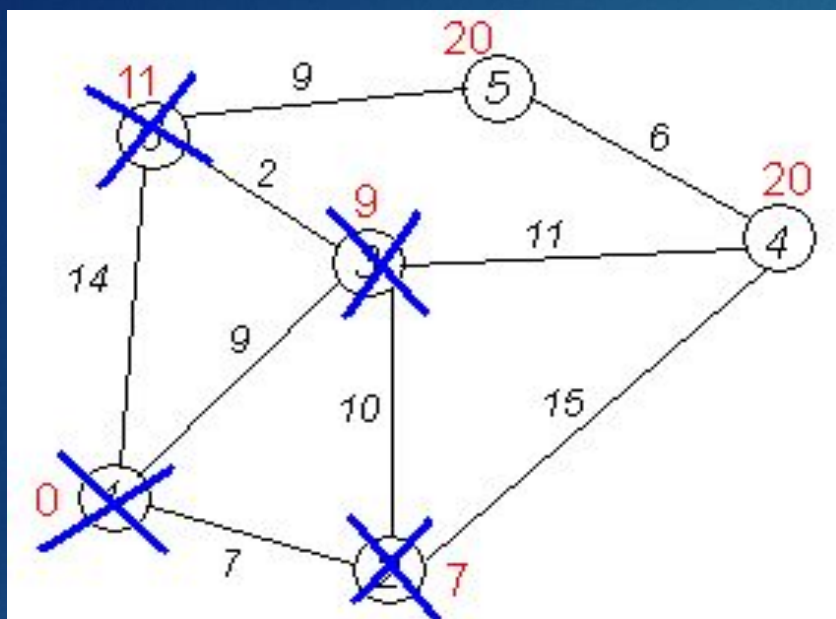


Шаг 2.3



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.

A close-up photograph of a human hand hovering just above a large, red, dome-shaped emergency stop button. The button is mounted on a yellow base. The background is a plain, light-colored surface. The overall image is set against a dark blue gradient background with a small lime green rectangle in the top right corner.

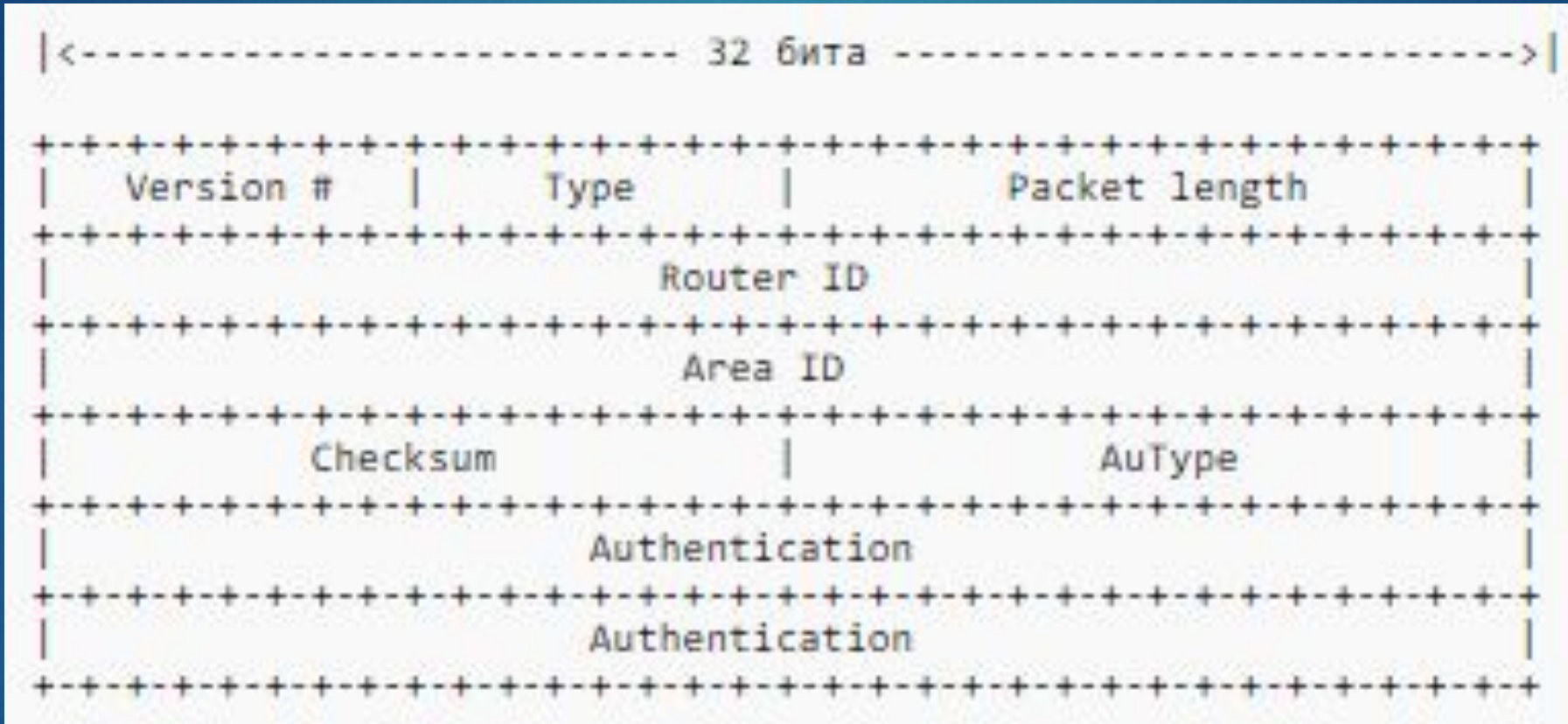
OSPF

разослать
модификацию при
изменениях в
сетевой топологии

5 пакетов OSPF

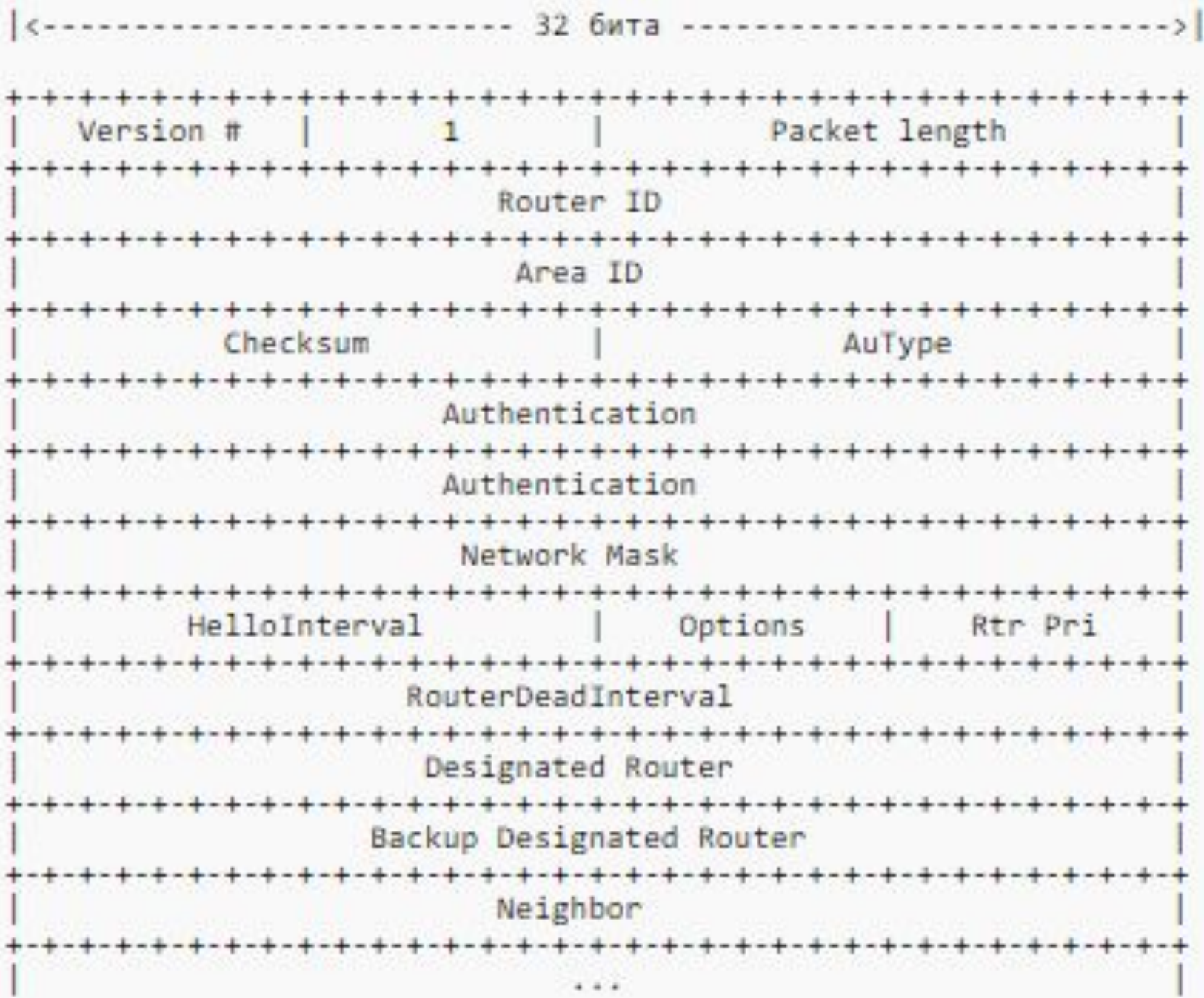
- ▶ **Hello** — используется для обнаружения соседей, построения отношений соседства с ними и мониторинга доступности.
- ▶ **Database Description (DBD)** — проверяет синхронизацию базы данных между маршрутизаторами.
- ▶ **Link-State Request (LSR)** — запрашивает определенные записи о состоянии каналов 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 заголовка пакета OSPF

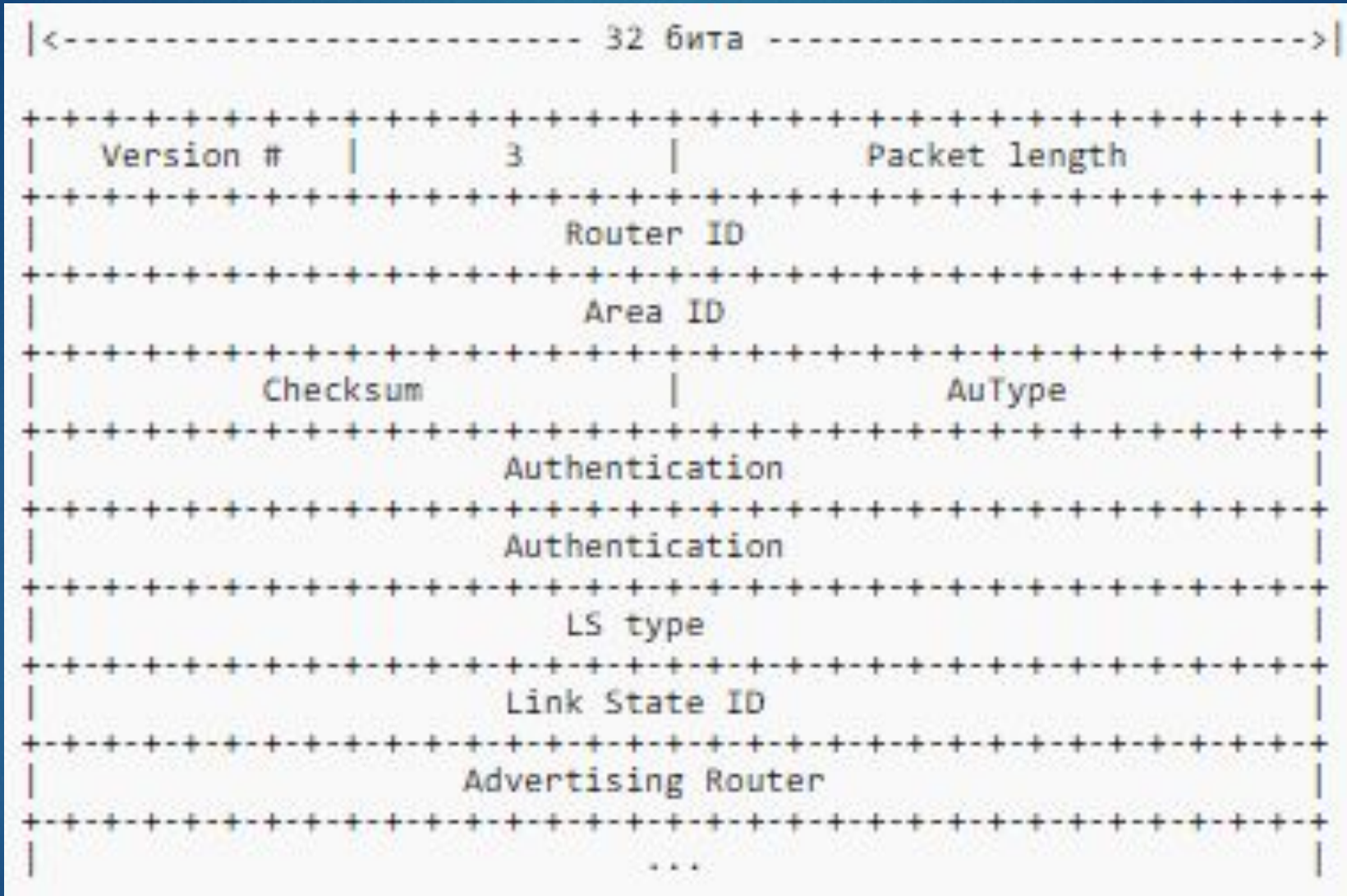


Hello-пакет

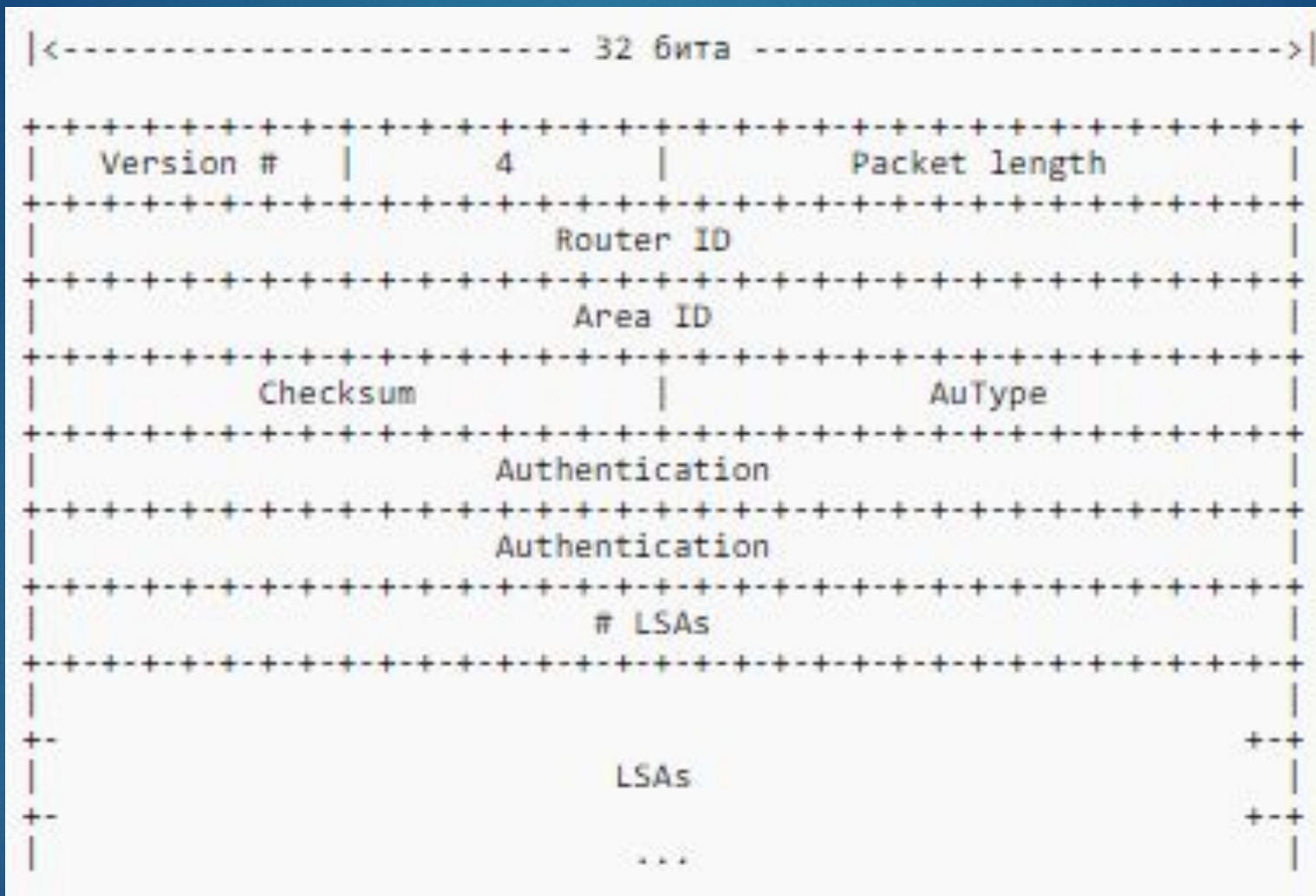
- ▶ С помощью него каждый маршрутизатор обнаруживает своих соседей;
- ▶ Он передает параметры о которых маршрутизаторы должны договориться прежде чем они станут соседями;
- ▶ Hello-пакеты выполняют роль keepalive-пакетов между соседями;
- ▶ Отвечает за установление двухсторонних коммуникаций между соседними 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.



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

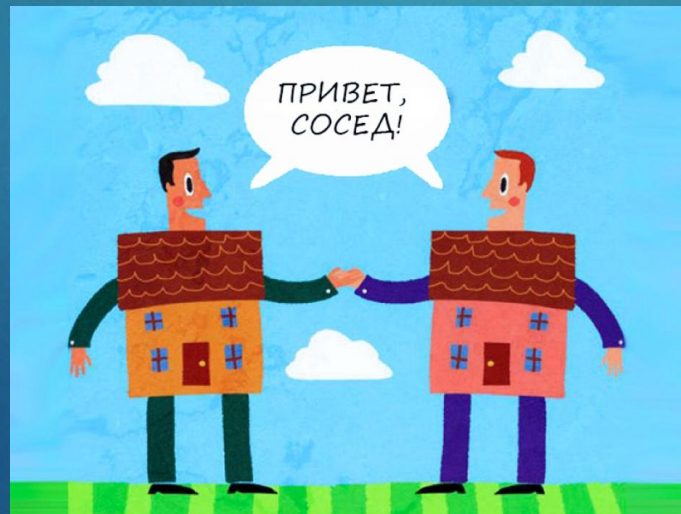
Точка-точка (point-to-point): Туннели, T1, E1, PPP, HDLC, Frame-Relay P-to-P

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



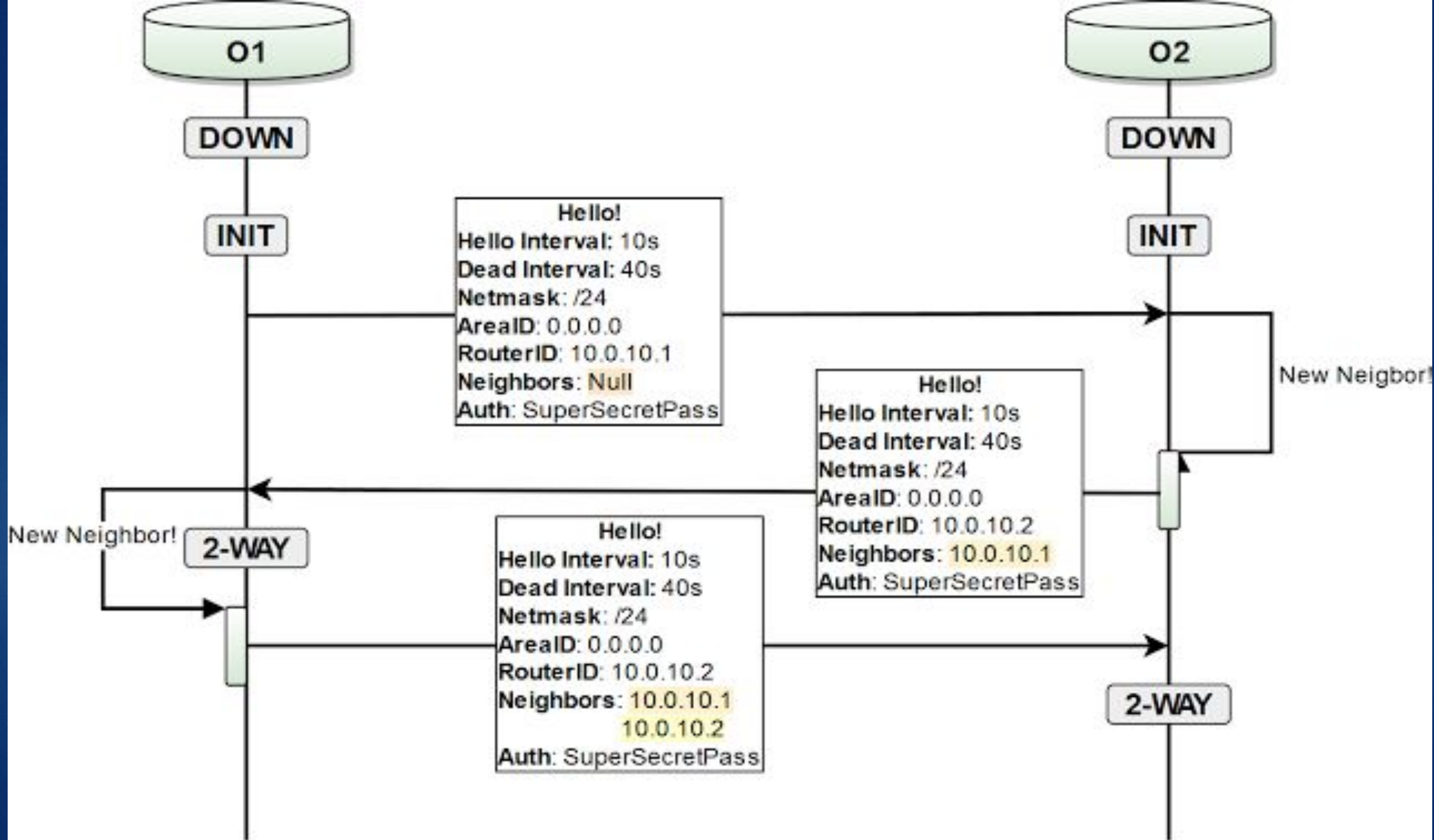
Необходимы совпадения полей:

- ▶ 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

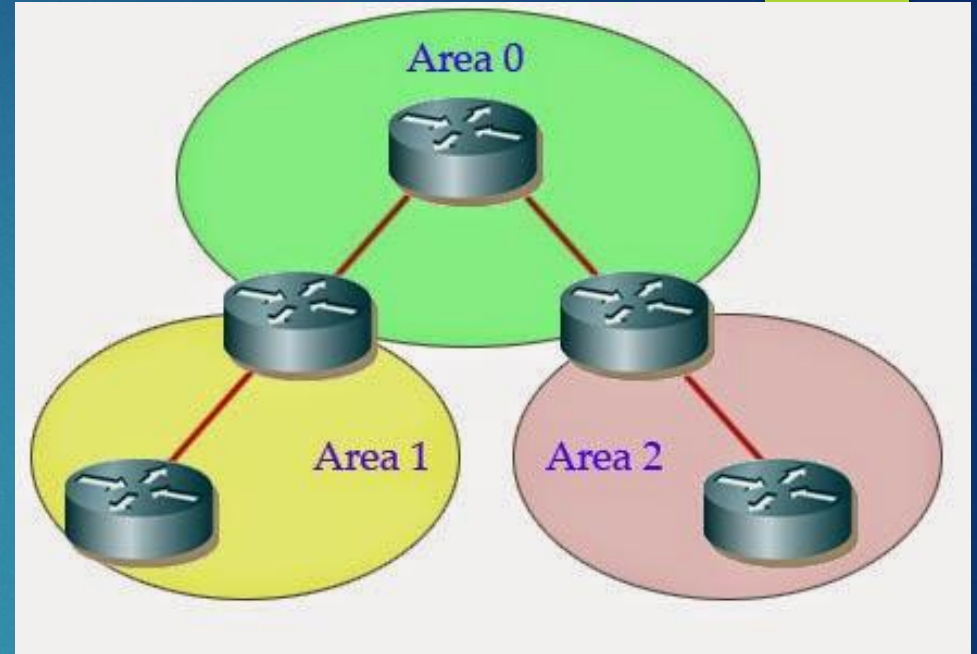
- ▶ **Exstart** — маршрутизаторы определяют Master/Slave отношения на основании Router ID. Маршрутизатор с высшим RID становится Master-маршрутизатором, который определяет DD Sequence number, а также первым начинает обмен DD-пакетами
- ▶ **Exchange** — маршрутизаторы посылают друг другу database description 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)



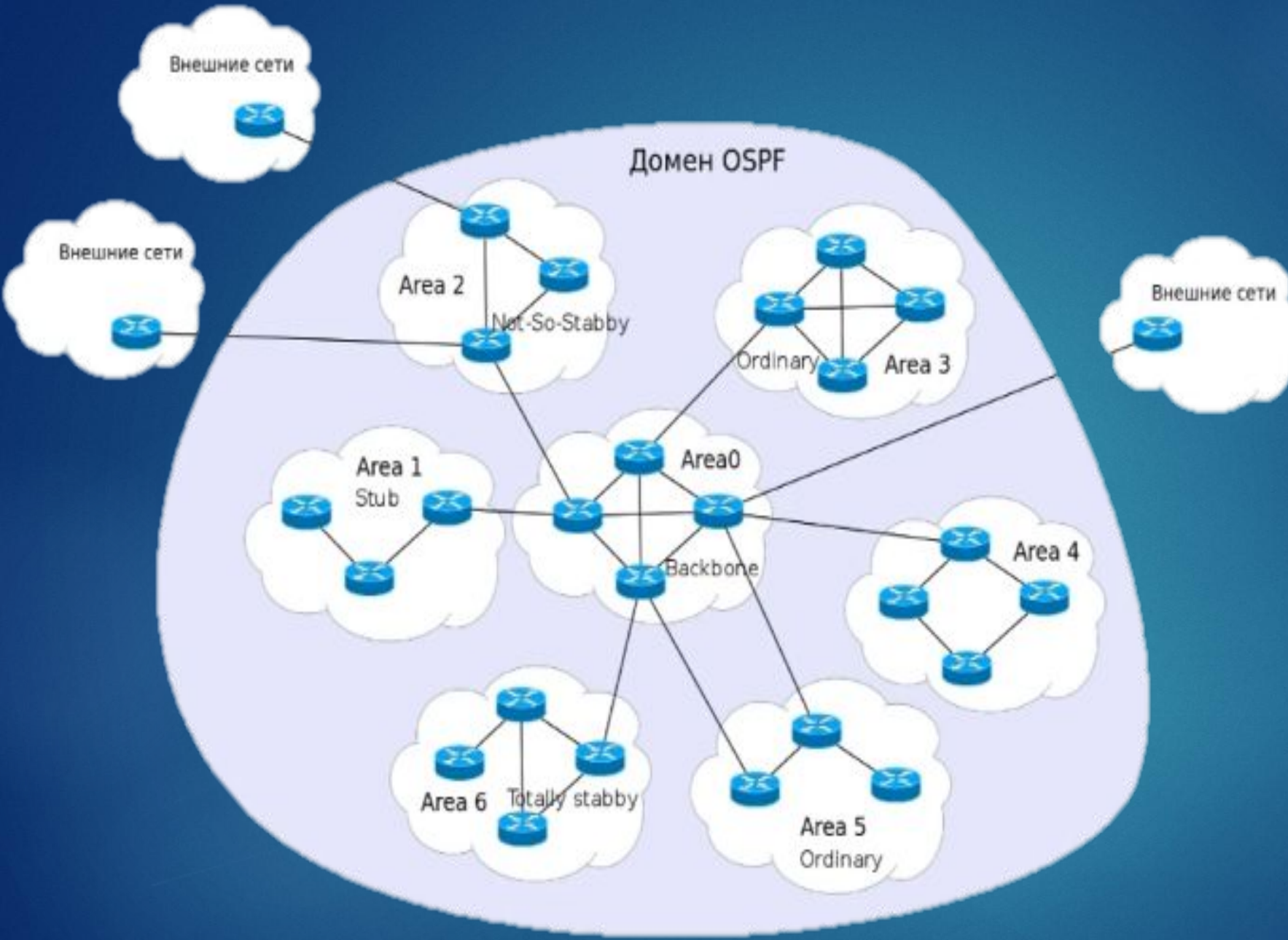
Зоны

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.

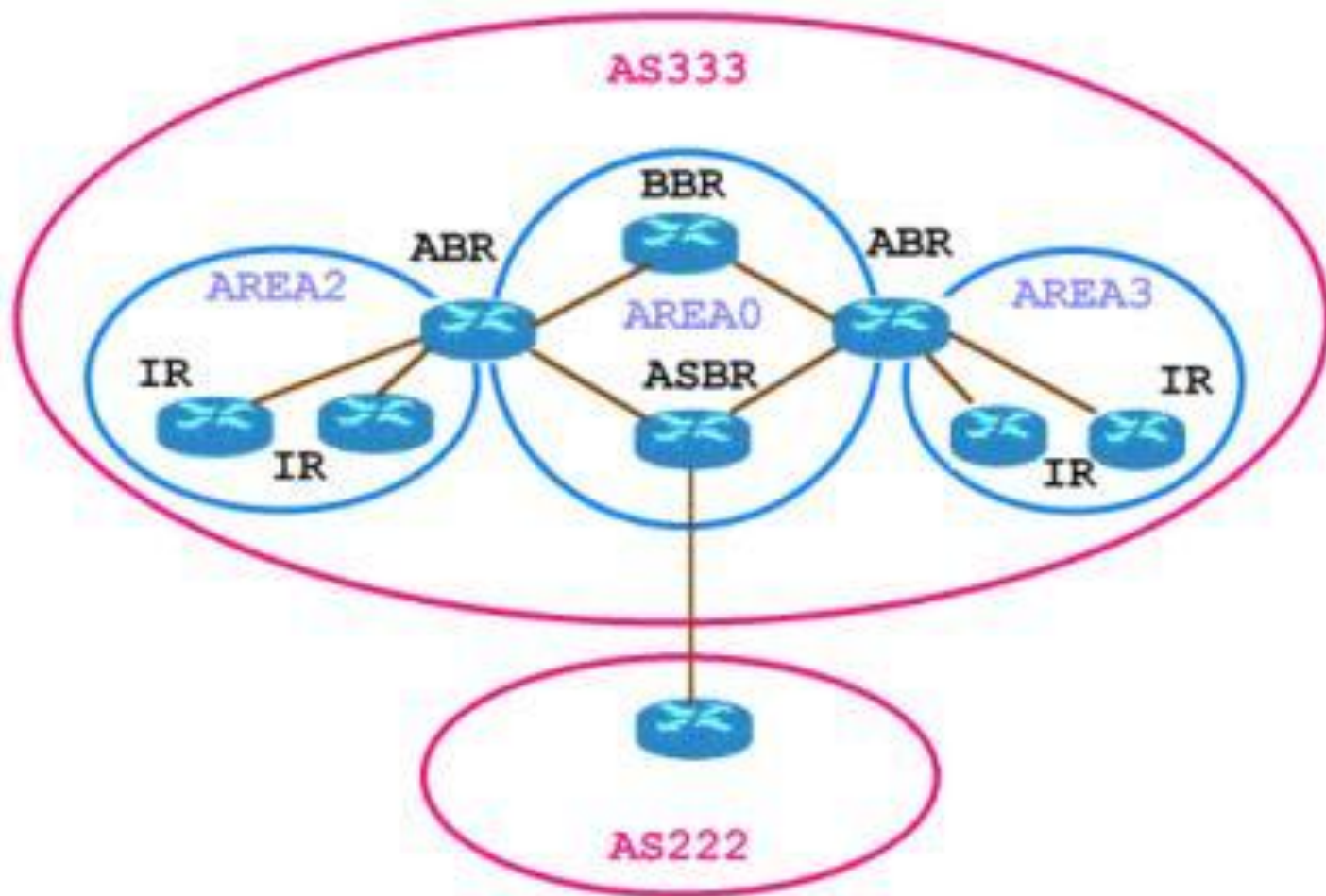


- в зоне 0 не должно быть разрывов
- если ненулевая зона должна быть присоединена к другой ненулевой, используется:
 - virtual-link
 - обычный туннель настроенный вручную



- 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

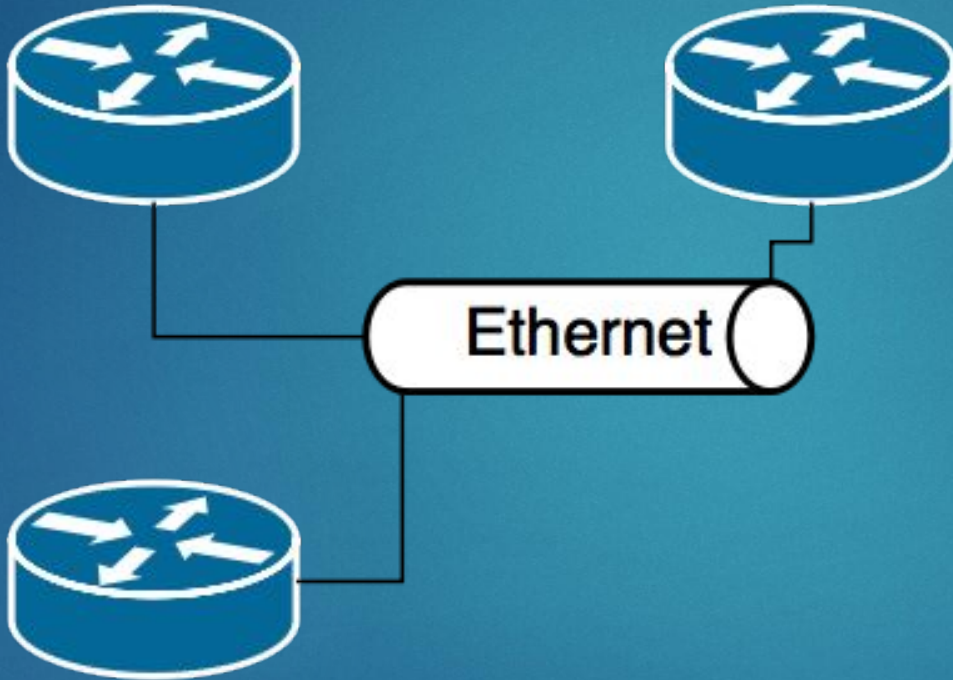
Типы маршрутизаторов



- 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

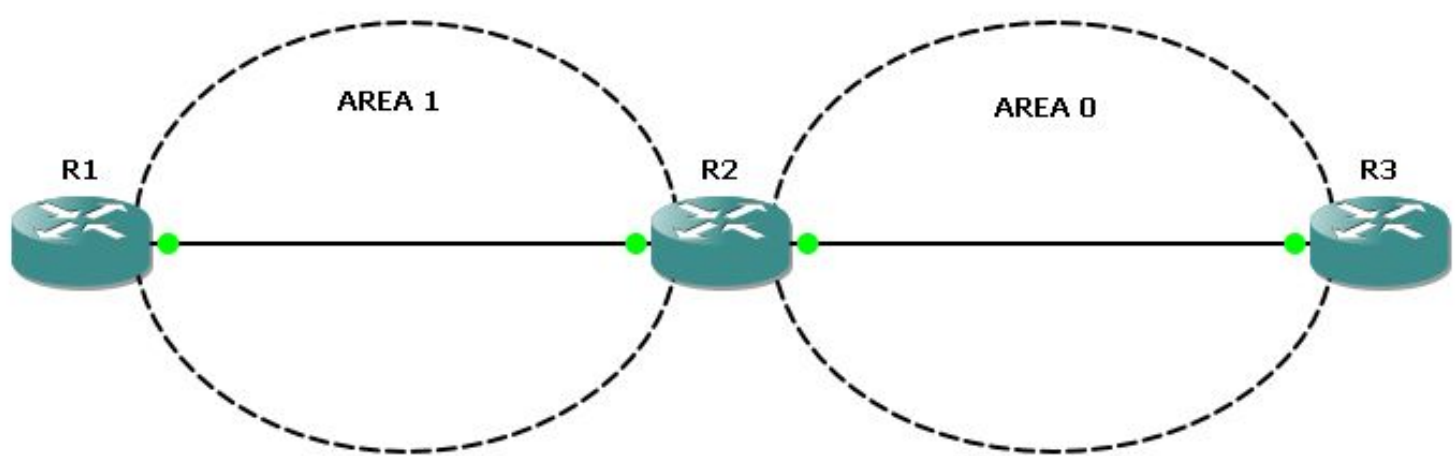
Router C
OSPF Priority: 10
Role: DROther

Маршрутизаторы и LSA

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

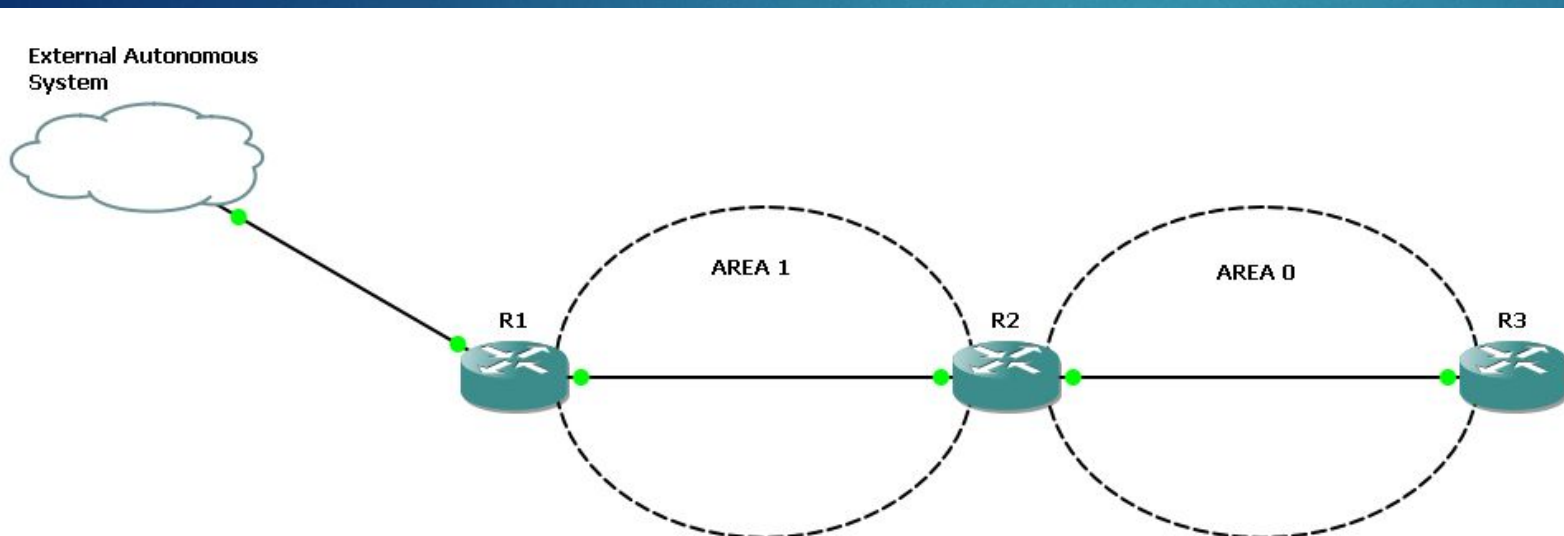
У каждого типа LSA своя функция:

- ▶ 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 bps = 1
Ethernet	10^8 / 10,000,000 bps = 10
E1	10^8 / 2,048,000 bps = 48
T1	10^8 / 1,544,000 bps = 64
128 kbps	10^8 / 128,000 bps = 781
64 kbps	10^8 / 64,000 bps = 1562
56 kbps	10^8 / 56,000 bps = 1785

Построение таблицы маршрутизации

- ▶ Текущая таблица маршрутизации обнуляется;
- ▶ Вычисление внутрizonальных маршрутов;
- ▶ Вычисляются межzональные 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

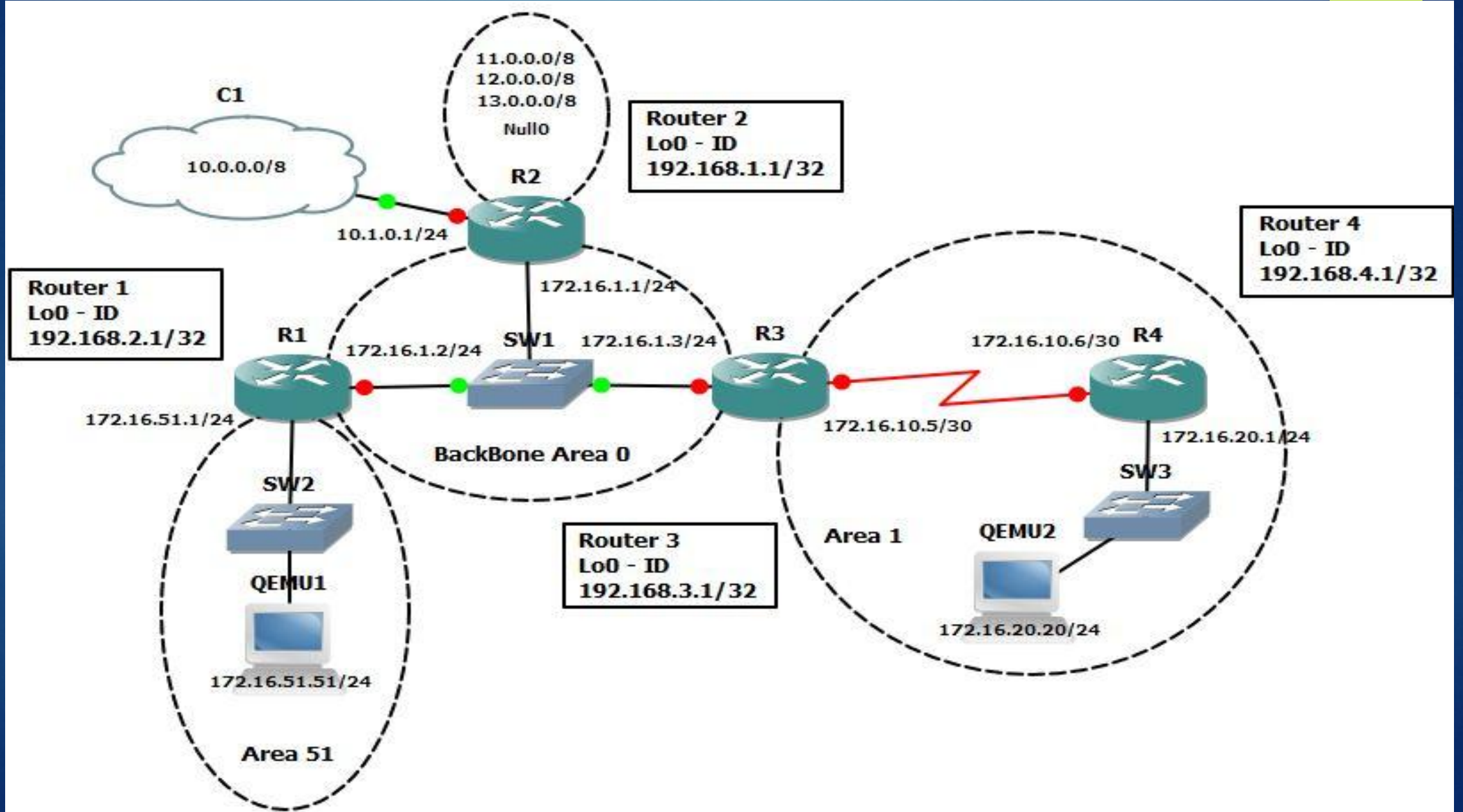
Протокол *OSPF* формирует три базы данных, на основе которых создает соответствующие таблицы:

- ▶ **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 отсылааться 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#
```

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, Serial10/0
C      172.16.20.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C      172.16.10.4/30 is directly connected, Serial10/0
O IA   172.16.1.0/24 [110/74] via 172.16.10.5, 00:37:14, Serial10/0
    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, Serial10/0
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#
```