

Информатика

УДК 004.773:004.728.4

Решение задач по реализации Dual Stack в IP-сетях

А.В. ВОРУЕВ, И.О. ДЕМИДЕНКО, С.М. КОЛАИБ

В статье рассматриваются подходы по переводу сетевых структур от системы адресации IPv4 к режиму информационного обмена Dual Stack или его аналогам. Высказываются предложения по настройке сетевого оборудования. Проводится анализ текущей ситуации по распределению IP-пространств.

Ключевые слова: IPv4, IPv6, Dual Stack, IPv4 IPv6 tunnel, ISATAP, NAT64.

The approaches for transferring network structures from an IPv4 addressing system to Dual Stack information exchange mode or its analogues are considered. Suggestions are made for setting up network equipment. The analysis of the current situation on the allocation of IP-spaces is given.

Keywords: IPv4, IPv6, Dual Stack, IPv4 IPv6 tunnel, ISATAP, NAT64.

Введение. Дефицит адресного пространства IPv4 заставляет ответственных лиц принимать решения по поддержке или ускорению интеграции альтернативных решений в рамках деятельности организаций, обеспечивающих услуги обмена данными в IP-сетях.

К примеру, в Беларуси поддержка адресации IPv6 станет обязательной для провайдеров с 1 января 2020 г. Это следует из указа президента №350 от 21 сентября 2019 г., который официально опубликован на Национальном правовом интернет-портале (<http://pravo.by/>).

После реализации указа 350 стеки протоколов IPv6 и IPv4 должны использоваться параллельно (этот режим называется dual stack) с постепенным увеличением доли трафика IPv6 по сравнению с IPv4 в общей доле IP трафика страны. Такая ситуация необходима из-за наличия огромного количества устройств, в том числе устаревших, не поддерживающих IPv6 и требующих специального преобразования для работы с устройствами, использующими только IPv6.

Поскольку данные устройства способны обращаться с сетевыми запросами только к узлам, поддерживающим IPv4 систему адресации в качестве транзита, необходимо будет принимать решения туннелирования IPv4 трафика в среде IPv6 или преобразования типа трафика и адресации NAT64. В ряде случаев возможно применение тоннелей ISATAP.

1. Интеграция Dual Stack. Поскольку на стороне клиента поддержка системы адресации IPv6 должна быть обеспечена разработчиком операционной системы в рамках статьи отталкиваемся от предположения, что IPv6 адрес клиенту уже назначен статически или динамически и может активно использоваться.

Провайдеры Беларуси начали резервировать диапазоны IPv6 в 2004 г. На текущий момент для провайдеров Беларуси выделены следующие диапазоны IPv6 адресов 2001:67c:18a8::/48, 2001:67c:2268::/48, 2001:67c:57c::/48, 2001:7f8:5a::/48, 2001:7f8:8b::/48, 2a00:1760::/29, 2a00:6440::/32, 2a00:c820::/29, 2a01:6e40::/32, 2a02:2208::/29, 2a02:bf0::/32, 2a02:d240::/29, 2a02:e300::/29, 2a03:3000::/29, 2a03:5be0::/32, 2a03:9120::/32, 2a03:9b60::/32, 2a03:c740::/32, 2a04:2e80::/29, 2a04:9b40::/29, 2a04:cc40::/29, 2a06:1280::/29, 2a06:4800::/29, 2a07:200::/29, 2a0a:7d80::/29, 2a0a:eac0::/29, 2a0a:f240::/29, 2a0b:8680::/29, 2a0c:b1c0::/29, 2a0d:2d00::/32.

Согласно статистике ресурса <https://www-public.imtbs-tsp.eu/> активность компаний по внедрению IPv6 на декабрь 2019 выглядит следующим образом (рисунок 1).

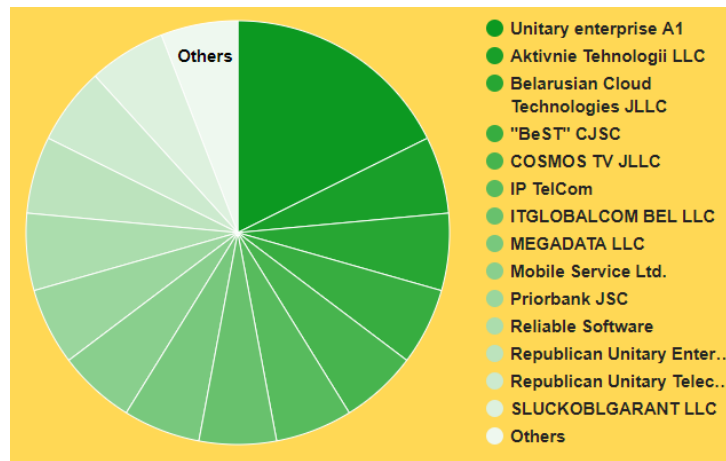


Рисунок 1 – IPv6 Statistics by LIR for RIPE NCC Allocations in Belarus

Динамику соотношения зарезервированного адресного пространства IPv6 и его анонсирования в пределах конкретной сети показан на рисунке 2.

График статистики IPv6 в Беларуси имеет неровную огибающую по причине отсутствия реального промышленного применения стека IPv6 на момент сбора данных.

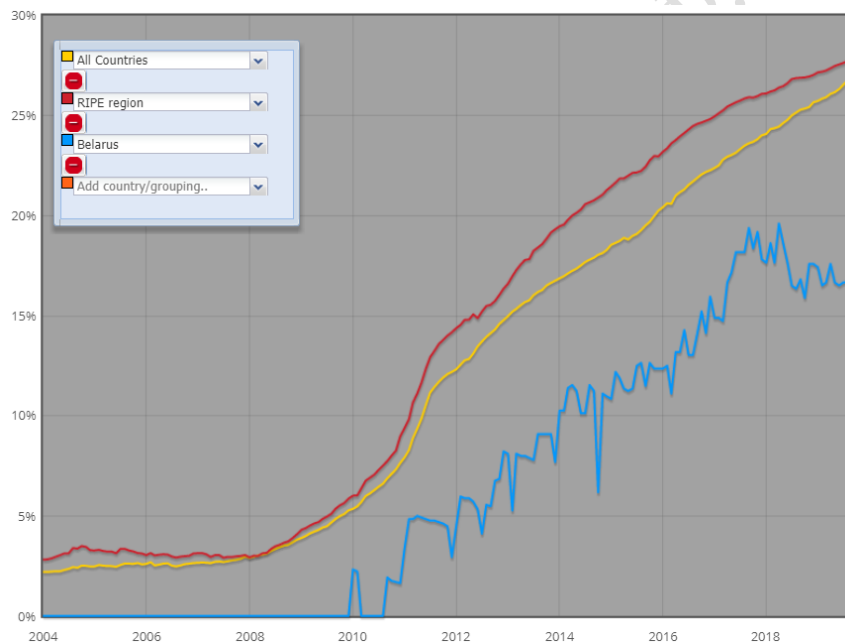


Рисунок 2 – Процент сетей, которые объявляют префикс IPv6

Перед включением в глобальную сеть, работающую в режиме Dual Stack, системный администратор должен отработать прототипы решения на тестовом стенде или в системе моделирования.

Рассмотрим пример настройки сетевых соединений при использовании в качестве динамического протокола маршрутизации Cisco EIGRPv6 (рисунок 3).

В предложенной схеме сервисы DNS разделены между двумя серверами, поскольку на запрос абонентов сервис DNS может выдать либо IPv4, либо IPv6 адрес. Рекомендуется не использовать одинаковые имена для одного ресурса в двух системах адресации, чтобы абоненты в режиме DualStack обслуживались корректно и трафик не дублировался одновременно по обоим вариантам IP-стека.

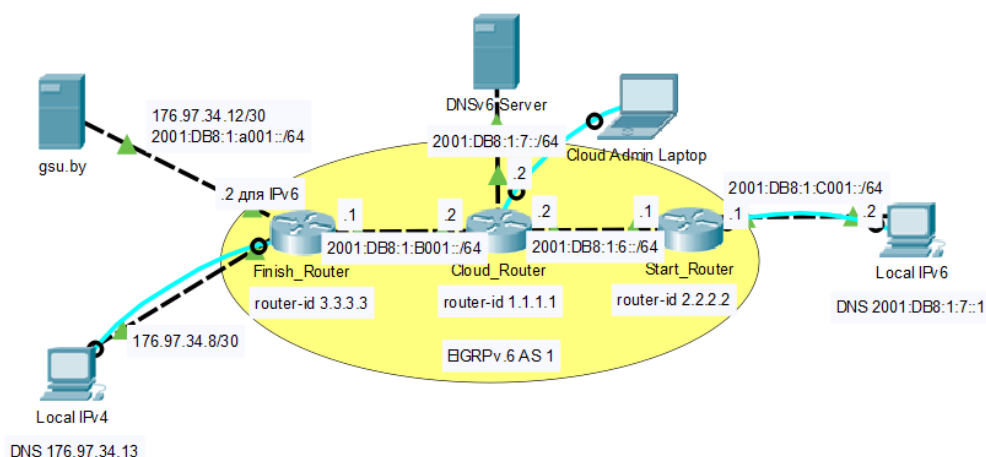


Рисунок 3 – Построение локального домена Dual Stack

Настройка маршрутизации в Cisco IOS включает привязку зону динамической маршрутизации непосредственно к интерфейсу, что упрощает разбор настроек в случае траблшутинга (рисунок 4).

```
interface GigabitEthernet0/0
no ip address
duplex auto
speed auto
ipv6 address FE80::1 link-local
ipv6 address 2001:DB8:1:B001::1/64
ipv6 eigrp 1
ipv6 enable
!
interface GigabitEthernet0/1
ip address 176.97.34.14 255.255.255.252
duplex auto
speed auto
ipv6 address 2001:DB8:1:A001::2/64
ipv6 eigrp 1
!
interface GigabitEthernet0/2
ip address 176.97.34.10 255.255.255.252
duplex auto
speed auto
!
ipv6 router eigrp 1
eigrp router-id 3.3.3.3
no shutdown
redistribute static
!
```

Рисунок 4 – Настройка маршрутизации IPv6 стека Finish_Router

Просмотр таблиц маршрутизации осуществляется независимо. На рисунке 5 показана таблица маршрутизации устройства Finish_Router после завершения всех служебных процедур по настройке и согласованию топологии IP-сети. Результат объединения сетей – успешный.

```
Finish_Router#sh ipv6 route
IPv6 Routing Table - 8 entries
Codes: C - Connected, L - Local, S - Static, R - RIP, B - BGP
        U - Per-user Static route, M - MIPv6
        I1 - ISIS L1, I2 - ISIS L2, IA - ISIS interarea, IS - ISIS summary
        O - OSPF intra, OI - OSPF inter, OE1 - OSPF ext 1, OE2 - OSPF ext 2
        ON1 - OSPF NSSA ext 1, ON2 - OSPF NSSA ext 2
        D - EIGRP, EX - EIGRP external
D 2001:DB8:1:6::/64 [90/3072]
  via FE80::2, GigabitEthernet0/0
D 2001:DB8:1:7::/64 [90/5376]
  via FE80::2, GigabitEthernet0/0
C 2001:DB8:1:A001::/64 [0/0]
  via GigabitEthernet0/1, directly connected
L 2001:DB8:1:A001::2/128 [0/0]
  via GigabitEthernet0/1, receive
C 2001:DB8:1:B001::/64 [0/0]
  via GigabitEthernet0/0, directly connected
L 2001:DB8:1:B001::1/128 [0/0]
  via GigabitEthernet0/0, receive
D 2001:DB8:1:C001::/64 [90/5632]
  via FE80::2, GigabitEthernet0/0
L FF00::/8 [0/0]
  via Null0, receive
Finish_Router#
```

Рисунок 5 – Таблица маршрутизации IPv6 стека Finish_Router

2. Построение решений туннелирования IPv6 трафика в среде IPv4. В случае неудовлетворительных результатов эксперимента по интеграции Dual Stack и/или полного перехода трафика провайдера в режим передачи данных IPv6 (что будет вероятной практикой для вновь создаваемых сетевых подключений) системный администратор сети для объединения сетевых сред IPv6 через сеть IPv4 сможет использовать решения туннелирования. Пример таких переходных зон поддержки протоколов представлен на рисунке 6. В данном примере используется разрыв непрерывного поля адресации IPv6 (IP-разрыв).

Протокол IP	Сегмент 1	Сегмент 2	Сегмент 3	Сегмент 3			Сегмент 4	Сегмент 5
IPv4	+	+	+	+	+	+	-	-
IPv6	+	+	+	+	-	+	+	+

Рисунок 6 – Пример карты сети с разным уровнем поддержки IPv4/IPv6

Для решения задач гибридного туннелирования необходимо наличие эффективной связи между сегментами сети с помощью средств второго IP-протокола. На участке Сегмента 3 достаточно объявить туннель IPv6 over IPv4. Для доставки IPv6 трафика задействуется канал IPv4. По условиям примера после прохождения туннеля все клиенты IPv6 смогут реализовать полноценную двустороннюю связь.

Следует особо подчеркнуть, что при инкапсуляции туннелируемого трафика пакет-носитель IPv4 добавляет свои адресные данные поверх передаваемого пакета IPv6. Поскольку размер итогового сетевого пакета (после инкапсуляции) не должен превышать ограничение в 1500 байт. Для этого необходимо на стороне отправителя уменьшить поле блока данных на размер внедряемых служебных данных, который иллюстрируемом примере составляет 24 байта.

На рисунке 7 показаны участки, доступные для работы версий протокола OSPF до настройки туннелирования.

Протокол	Сегмент 1	Сегмент 2	Сегмент 3	Сегмент 3			Сегмент 4	Сегмент 5
OSPFv2	+	+	+	+	+	+	-	-
OSPFv3	+	+	+	+	-	+	+	+

Рисунок 7 – Разрывы в работе версий протокола OSPF

Как можно видеть из рисунка OSPFv2 работает только в зоне адресов IPv4, а OSPFv3 в зоне адресов IPv6. После построения туннелей картина немного меняется (рисунок 8).

Протокол	Сегмент 1	Сегмент 2	Сегмент 3	Сегмент 3			Сегмент 4	Сегмент 5
OSPFv2	+	+	+	+	+	+	-	-
OSPFv3	+	+	+	+			+	+

Рисунок 8 – Расширение зоны действия протокола OSPFv3

Поскольку для работы протоколов динамической маршрутизации необходим сбор служебных данных о топологии сети с целью поиска оптимального маршрута продвижения IP-пакетов, то параллельная работа двух версий протокола OSPF может увеличить нагрузку на каналы связи. Каждая из версий протокола OSPF рассылает сообщения канального уровня, описывающих маршрутизаторы и сети, которые вместе образуют базу данных состояния каналов (LSDB) на каждом маршрутизирующем устройстве.

Следует учесть, что данные для построения LSDB собираются на канальном уровне, а основная работа версий протоколов идет на сетевом уровне. Поэтому есть возможность оптимизировать служебный трафик.

Рассмотренный в статье пример использовался в качестве квалификационной задачи второго отборочного тура конкурса «Технологии передачи данных в локальных и глобальных сетях» XI Международной олимпиады «IT-Планета» 17 марта 2018 г. (рисунок 9).

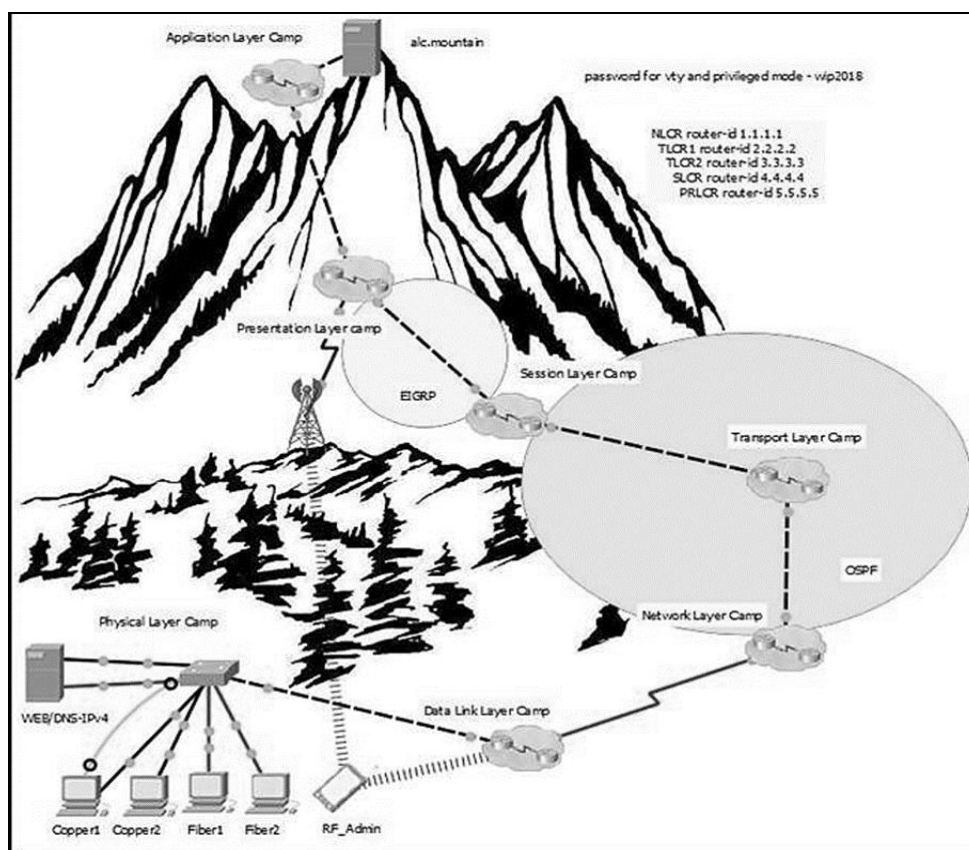


Рисунок 9 – Рабочее окно решения задачи в среде Cisco Packet Tracer

В таком режиме реализации DualStack работает не на всем протяжении сети, а только на стороне генерации и обслуживания трафика. Команды настройки туннеля могут быть реализованы таким синтаксисом (рисунок 10).

```
Router A Configuration
!
interface GigabitEthernet 0/1
ip address 192.168.99.1 255.255.255.0
!
interface tunnel 0
ipv6 address 3ffe:b00:c18:1::3/127
tunnel source GigabitEthernet 0/1
tunnel destination 192.168.30.1
tunnel mode ipv6ip

Router B Configuration
!
interface GigabitEthernet 0/2
ip address 192.168.30.1 255.255.255.0
!
interface tunnel 0
ipv6 address 3ffe:b00:c18:1::2/127
tunnel source GigabitEthernet 0/2
tunnel destination 192.168.99.1
tunnel mode ipv6ip
```

Рисунок 10 – Настройка туннеля IPv6 over IPv4

В случае любой архитектуры туннелей необходимо снижение размера параметра MTU IP-пакета, что повлияет на конечную скорость передачи трафика дополнительно.

3. Построение решений туннелирования ISATAP. При реализации туннеля ISATAP сетевая среда, к которой подключен абонент, не поддерживает передачу трафика в системе IPv6. Чтобы обеспечить режим DualStack на стороне абонента в сети должен действовать IsatapServer, выполняющий функцию шлюза IPv6.

Упрощенный вариант топологии представлен на рисунке 11.

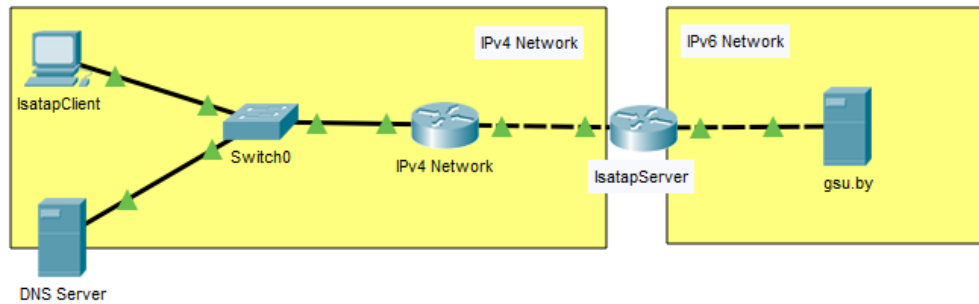


Рисунок 11 – Подключение посредством ISATAP

Устройство IsatapServer является пограничным между IPv4 и IPv6 сегментами. Настройка ISATAP включает в себя обеспечение абонента адресом IPv6 и настройку процедуру шлюзования (рисунок 12).

```
interface Tunnel0
no ip address
mtu 1476
no ipv6 nd ra suppress
ipv6 address 2001:DB8:CAFE:65::/64 eui-64
ipv6 enable
tunnel source FastEthernet0/0
tunnel mode ipv6ip isatap
!
!
interface FastEthernet0/0
ip address 14.1.1.2 255.0.0.0
duplex auto
speed auto
!
interface FastEthernet0/1
no ip address
duplex auto
speed auto
ipv6 address 2001::1/64
```

Рисунок 12 – Настройка ISATAP шлюза

В среде Cisco Packet Tracer для проверки работы соединения в модели операционной системы абонента требуется выполнить две команды:

- netsh interface isatap set state enabled
- netsh interface isatap set router 14.1.1.2

Они инициируют запрос IPv6 адреса, активируют тоннель и устанавливают шлюз по умолчанию на устройство с IPv4 адресом 14.1.1.2. Результат построения тоннеля представлен на рисунке 13.

```
C:\>ipconfig
FastEthernet0 Connection:

Link-local IPv6 Address . . . . . : ::
IP Address . . . . . : 13.1.1.2
Subnet Mask . . . . . : 255.0.0.0
Default Gateway . . . . . : 13.1.1.1

C:\>ipv6config
IsatapTunnel1 Connection:

Link-local IPv6 Address . . . . . : FE80::200:5EFE:D01:102
IPv6 Address . . . . . : 2001:DB8:CAFE:65::D01:102/64
Default Gateway . . . . . : FE80::200:5EFE:E01:102
DHCPv6 Client DUID . . . . . : 00-01-00-01-45-8B-6A-65-00-30-F2-44-90-40
```

Рисунок 13 – Результат подключения абонента к тоннелю ISATAP

4. Построение решений NAT64. Такой вариант решения можно считать крайней мерой, обусловленной отказом операционной системы абонента работать с адресным пространством IPv6 в виду отсутствия обновлений и/или невозможностью таковых из-за старости аппаратной платформы.

Фактически Dual Stack завершается на точке разграничения между внешней сетью и сетью провайдера (рисунок 14).

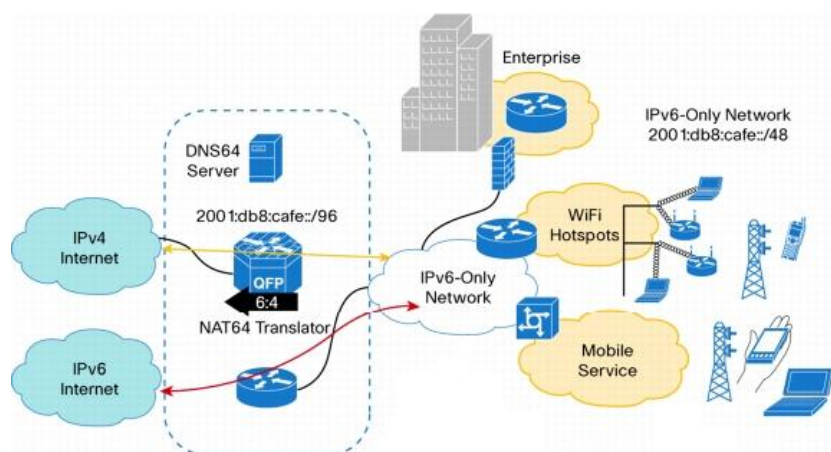


Рисунок 14 – Структура интеграции NAT64

Настройка пограничного устройства QFP приведена на рисунке 15.

```
!
ipv6 access-list mylist permit ipv6 2001:db8:cafe::/48 any
!
nat64 v6v4 static 2001:db8:cafe:2::1 203.0.113.111
!
nat64 prefix stateful 2001:db8:cafe::/96
nat64 v4 pool mypool 203.0.113.1 201.0.113.100
nat64 v6v4 list mylist pool mypool overload
!
```

Рисунок 15 – Настройка NAT64 в IOS Cisco ASR 1000 Series Router

Заключение. По состоянию на декабрь 2019 г. структура мирового IP-трафика является составной с доминирующим перевесом в пользу IPv4. Требование производственных процессов по увеличению числа задействованных узлов глобальной сети и быстрый рост IoT оказывает давление на процесс миграции IP трафика в сторону новой системы адресации. Решения, предлагаемые в статье, будут иметь высокий уровень востребованности в решении задач по реализации сетевых сервисов.

Литература

1. Воруев, А.В. Инкапсуляция магистрального трафика центра обработки данных // А.В. Воруев, О.М. Демиденко, В.Д. Левчук, П.Л. Чечет // Проблемы физики, математики и техники. – 2018. – № 1 (34). – С. 88–93.
2. Воруев, А.В. Программируемое управление доступом к сети с адаптивной настройкой физических интерфейсов / А.В. Воруев, И.О. Демиденко, А.И. Чернышев, С.Ю. Михневич / Известия Гомельского гос. ун-та им. Ф. Скорины. – 2018.– № 6 (111).– С. 55–62.
3. NAT64 Technology: Connecting IPv6 and IPv4 Networks [Electronic resource]. – Access mode : https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/ios-nx-os-software/enterprise-ipv6-solution/white_paper_c11-676278.html. – Date of access : 09.12.2019.