

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»

Г.Ф. Масич

СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

*Утверждено
Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебно-методического пособия*

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета
2014

УДК 004.7
М31

Рецензенты:

канд. техн. наук *И.А. Хохлов*
(Институт математики и механики УрО РАН,
г. Екатеринбург);
д-р экон. наук, профессор *Р.А. Файзрахманов*
(Пермский национальный исследовательский
политехнический университет)

Масич, Г.Ф.

М31 Сети передачи данных : учеб.-метод. пособие / Г.Ф. Масич. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014. – 192 с.

ISBN 978-5-398-01194-4

Приведены теоретические сведения об Ethernet- и IP-технологиях: принципах построения виртуальных локальных сетей (VLAN), протоколе построения связующего дерева (STP), классовой и бесклассовой моделях IP-адресации, протоколах маршрутизации RIP и BGP-4. Значительный объем практических занятий посвящен конфигурированию оборудования Cisco для создания требуемых свойств сети передачи данных.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению «Информатика и вычислительная техника», аспирантов, специалистов информационных технологий.

УДК 004.7

ISBN 978-5-398-01194-4

© ПНИПУ, 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Протокол STP	5
1.1. Краткие теоретические сведения	5
1.1.1. Ключевые параметры (сущности) STP	7
1.1.2. Состояние портов моста и таймеры STP	10
1.1.3. Три этапа начальной сходимости STP	11
1.1.4. Формат BPDU-кадра	13
1.1.5. Алгоритм обработки конфигурационных BPDU-сообщений	16
1.1.6. Пример работы STP	17
1.1.7. Развитие протокола STP	21
1.1.8. Настройка STP на коммутаторах Cisco	26
1.2. Лабораторная работа «Протокол STP»	28
1.2.1. STP-дерево «по умолчанию»	28
1.2.2. Изменение места положения корня	39
1.2.3. Фильтрация BPDU	42
1.2.4. Изменение места корневого порта	43
1.2.5. Изменение роли портов	44
1.2.6. Корректное восстановление исходной конфигурации	48
Задания для самостоятельной работы	48
Вопросы для самопроверки	49
Список литературы по главе 1	50
2. VLAN, 802.1Q, EtherChannel L2, VTP	51
2.1. Краткие теоретические сведения	51
2.1.1. VLAN-сети	51
2.1.2. Транки	52
2.1.3. Агрегация портов EtherChannel	53
2.1.4. Протокол VTP	55
2.1.5. Настройки на оборудовании Cisco	60
2.2. Лабораторная работа «VLAN, 802.1Q, EtherChannel L2, VTP»	65
Задания для самостоятельной работы	86
Вопросы для самопроверки	86
Список литературы по главе 2	87
3. Протокол IP	88
3.1. Краткие теоретические сведения	88
3.1.1. IP-адрес	88
3.1.2. Основные понятия IP-маршрутизации	91

3.1.3. Две модели адресации и маршрутизации	94
3.1.3.1. Классовая модель адресации (Classful Model)	94
3.1.3.2. Классовая модель маршрутизации	97
3.1.3.3. Бесклассовая модель IP-адресации	99
3.1.3.4. Бесклассовая междоменная маршрутизация (CIDR)	100
3.2. Лабораторная работа «Распределение IP-адресов»	102
Задания для самостоятельной работы	107
3.3. Лабораторная работа «Движение пакетов в IP-сетях»	107
Задания для самостоятельной работы	114
Вопросы для самопроверки	114
Список литературы по главе 3	115
4. Протоколы маршрутизации RIP и BGP-4	116
4.1. Краткие теоретические сведения	116
4.1.1. Статическая маршрутизация	116
4.1.2. Протокол маршрутизации RIP	117
4.1.3. Протокол маршрутизации BGP-4	122
4.1.4. Настройка оборудования Cisco	133
4.1.4.1. Настройка статического маршрута на роутерах Cisco	133
4.1.4.2. Настройка протокола маршрутизации RIP	134
4.1.4.3. Настройка протокола маршрутизации BGP-4	137
4.2. Лабораторная работа «Протоколы маршрутизации RIP и BGP-4»	140
4.2.1. Статическая маршрутизация	145
4.2.2. RIP-маршрутизация	149
4.2.3. BGP-маршрутизация	163
Задания для самостоятельной работы	190
Вопросы для самопроверки	191
Список литературы по главе 4	191

1. ПРОТОКОЛ STP

1.1. Краткие теоретические сведения

Проблемы петлевой конфигурации. Петли, а значит, и параллельные пути в локальных Ethernet-сетях (LANs), являются причиной бесконечного движения по кругу:

- кадров с неизвестным мосту MAC-адресом назначения;
- широковещательных кадров;
- Unicast-кадров в фазе наводнения (Flooding).

Параллельные пути в более сложной топологии приводят к широковещательному шторму, переполнению всех буферных ресурсов и стагнации LANs.

Причины возникновения физических петель:

- намеренная попытка повысить надежность сети за счет избыточных соединений;
- ошибка администратора сети.

L2-петли доставляют намного больше проблем, чем L3-петли маршрутизации, так как IP-пакет уничтожается роутером при достижении времени жизни пакета $TTL = 0$, а Ethernet-кадр циркулирует в сети до тех пор, пока принудительно не будет отключено питание моста или не возникнут неисправности канала.

Назначение STP. Протокол связующего дерева STP (Spanning Tree Protocol, IEEE 802.3D) позволяет мостам общаться между собой протокольными блоками данных BPDU (Bridge Protocol Data Units) с групповым MAC-адресом назначения для приведения LANs с множественными связями к древовидной топологии, исключающей циклы движения кадров. Происходит это путем автоматического логического блокирования избыточных в данный момент портов на каждом мосте.

и Learning. Пограничный порт теряет свой статус и становится обычным портом связующего дерева в том случае, если получит кадр BPDU.

P2P-порт, обычно используемый для подключения к другим мостам, также способен быстро перейти в состояние Forwarding. При работе RSTP все порты, функционирующие в полnodуплексном режиме, рассматриваются как порты P2P, до тех пор, пока не будут переконфигурированы вручную.

1.1.8. Настройка STP на коммутаторах Cisco

Начальное состояние командной строки – привилегированный режим EXEC Cisco IOS. Курсивом показаны переменные. В квадратных скобках опциональные атрибуты. В фигурных и без скобок – обязательные атрибуты; если их несколько и они отделены чертой, то при вводе команды выбирается только один из них. Чтобы отменить команду, ее вводят повторно, но с *no* в начале. В данном пособии не у всех команд указаны все атрибуты, для просмотра атрибутов пользуйтесь помощью IOS либо руководствами Command Reference Guide на нужное устройство Cisco.

Настройка протокола STP:

– вход в глобальный режим конфигурации

```
configure terminal
```

– выбор протокола STP

```
spanning-tree mode {mst | pvst | rapid-pvst}
```

Настройка приоритета BID коммутатора, таймеров:

– вход в глобальный режим конфигурации

```
configure terminal
```

– настройка приоритета BID, таймеров (у каждого VLAN свое дерево STP)

```
spanning-tree vlan vlan-id [forward-time seconds |  
hello-time seconds| max-age seconds |priority priority  
| root {primary | secondary} [diameter net-diameter  
[hello-time seconds]]]
```

Настройка Port Cost на интерфейсе:

– вход в глобальный режим конфигурации

`configure terminal`

– вход в режим конфигурации нужного интерфейса

`interface interface-id`

– настройка стоимости порта

`spanning-tree [vlan vlan-id] cost cost`

Настройка Port Priority на интерфейсе:

– вход в глобальный режим конфигурации

`configure terminal`

– вход в режим конфигурации нужного интерфейса

`interface interface-id`

– настройка приоритета порта

`spanning-tree [vlan vlan-id] port-priority priority`

Настройка PortFast на интерфейсе:

– вход в глобальный режим конфигурации

`configure terminal`

– вход в режим конфигурации нужного интерфейса

`interface interface-id`

– включение PortFast

`spanning-tree portfast {disable | trunk}`

Здесь Disable – отключить на данном интерфейсе;

Trunk – включить на транковом интерфейсе (если порт не транковый, его нужно перевести в состояние Access, командой `Switchport Mode Access`).

Настройка BPDU Filter на интерфейсе PortFast:

– вход в глобальный режим конфигурации

`configure terminal`

– вход в режим конфигурации нужного интерфейса

`interface interface-id`

– включение BPDU Filter

`spanning-tree bpdupfilter {disable | enable}`

Настройка BPDU Guard на интерфейсе PortFast:

– вход в глобальный режим конфигурации

`configure terminal`

– вход в режим конфигурации нужного интерфейса

`interface interface-id`

- включение BPDU Filter
spanning-tree bpduguard {disable | enable}

Просмотр параметров работы и типа используемого протокола STP:

```
show spanning-tree [summary | detail | vlan vlan-id]
```

1.2. Лабораторная работа «Протокол STP»

1.2.1. STP-дерево «по умолчанию»

Соберите показанную на рис. 1.10 топологию, соединив разъемы на патч-панели патчкордами типа Straight-Touch согласно рис. 1.11.

Отметим, что по умолчанию:

- BID Priority всех коммутаторов установлено в значение 32 768;
- все порты находятся в VLAN 1;
- на коммутаторах запущен PVST, т.е. Bridge Priority = Bridge Priority + VLAN, в нашем случае $32\ 768 + 1 = 32\ 769$.

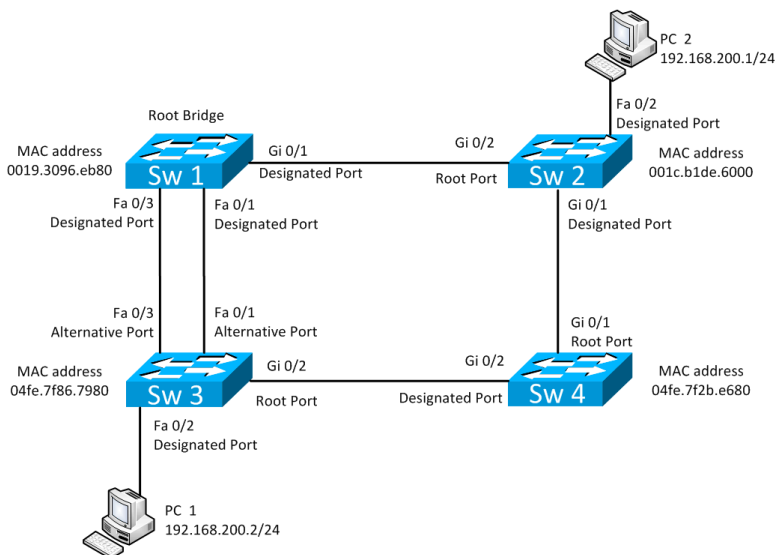


Рис. 1.10. Начальная топология

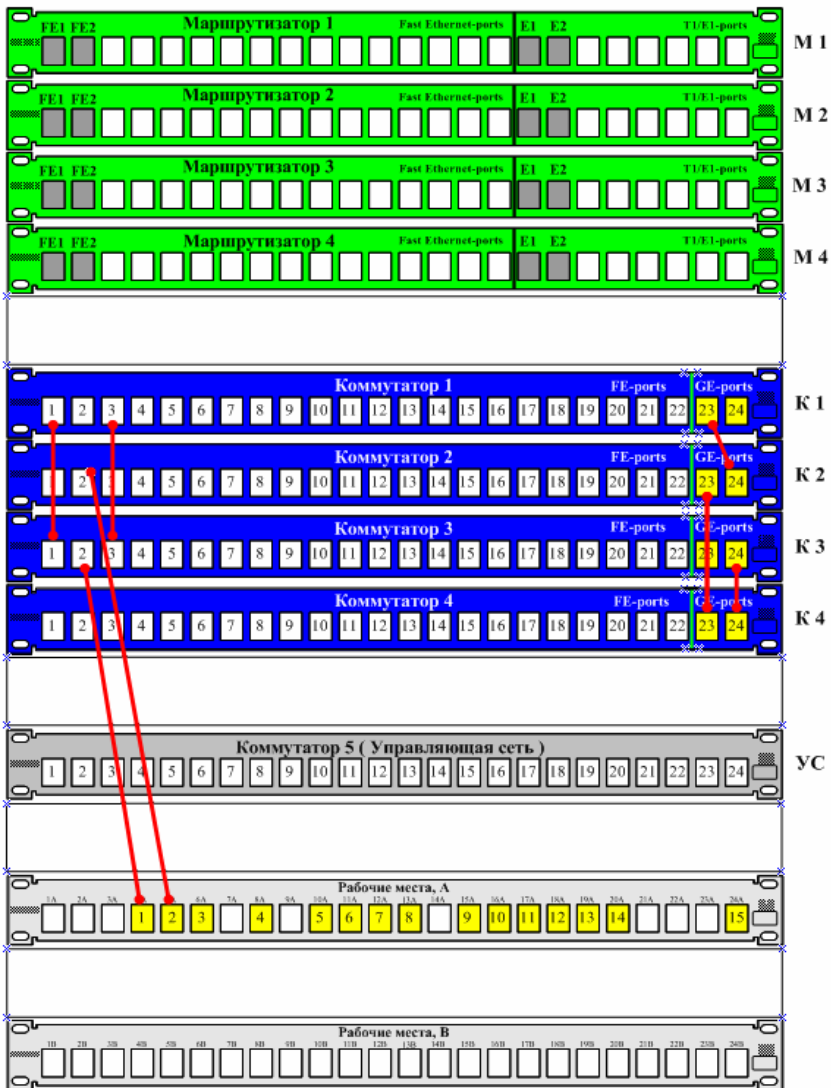


Рис. 1.11. Соединения на коммутационном поле

Проведите начальную конфигурацию коммутаторов. Для доступа к коммутаторам используйте терминальный сервер:

- для доступа к sw1.lab запустите telnet 192.168.125.2 2003;
- для доступа к sw2.lab запустите telnet 192.168.125.2 2004;
- для доступа к sw3.lab запустите telnet 192.168.125.2 2005;
- для доступа к sw4.lab запустите telnet 192.168.125.2 2006.

* Имя student, пароль student.

Если коммутаторы не настраивались ранее, выполните начальную конфигурацию коммутаторов (Имя устройства, шифрование паролей, логин (student) и пароль доступа (student) на терминальные и консольные линии доступа, баннер на вход), выполните приведенную ниже последовательность команд для каждого коммутатора из привилегированного режима EXEC Cisco IOS (меняя имя коммутатора):

```
conf t
hostname sw1.lab
service password-encryption
username student privilege 15 secret 0 student
no ip domain-lookup
banner motd ^C
sw1.lab
```

```
PERM, Russia,
Network technology lab. IT department. PSTU
```

```
Warning: Authorized access only!!!
```

```
Disconnect IMMEDIATELY if you are not an authorized
person!!!
```

```
Contact information:
web http://wrls.ru
email support@wrls.ru
tel +7(342)220-63-85
```

```
^C
line con 0
login local
line vty 0 4
login local
line vty 5 15
login local
```

Убедимся в правильности приведенных на рис. 1.5 статусе и состоянии портов коммутаторов согласно разд. 1 пособия, используя вывод команд Show Spanning-Tree VLAN 1 и Show Spanning-Tree Detail. **Состояние коммутаторов будет выглядеть так:**

Sw1:

```
sw1.lab#show spanning-tree detail
```

```
VLAN0001 is executing the ieee compatible Spanning Tree protocol
```

```
Bridge Identifier has priority 32768, sysid 1, address 0019.3096.eb80
```

```
Configured hello time 2, max age 20, forward delay 15
```

```
We are the root of the spanning tree (здесь и далее цветом выделены важные элементы, к некоторым будут даны пояснения)
```

```
Topology change flag not set, detected flag not set
```

```
Number of topology changes 20 last change occurred 00:04:47 ago
```

```
Times: hold 1, topology change 35, notification 2
```

```
hello 2, max age 20, forward delay 15
```

```
Timers: hello 0, topology change 0, notification 0, aging 300
```

```
* Этот коммутатор стал корневым (Root Bridge для VLAN 1).
```

```
Port 1 (FastEthernet0/1) of VLAN0001 is forwarding
```

```
Port path cost 19, Port priority 128, Port Identifier 128.1.
```

```
Designated root has priority 32769, address 0019.3096.eb80
```

```
Designated bridge has priority 32769, address 0019.3096.eb80
```

```
Designated port id is 128.1, designated path cost 0
```

```
Timers: message age 0, forward delay 0, hold 0
```

```
Number of transitions to forwarding state: 5
```

```
Link type is point-to-point by default
```

```
BPDU: sent 627, received 1981
```

```
* Path Cost для этого порта = 19, Port Priority = 128, PID = 128.1.
```

```
Port 3 (FastEthernet0/3) of VLAN0001 is forwarding
Port path cost 19, Port priority 128, Port Identifier
128.3.
```

```
Designated root has priority 32769, address
0019.3096.eb80
```

```
Designated bridge has priority 32769, address
0019.3096.eb80
```

```
Designated port id is 128.3, designated path cost 0
```

```
Timers: message age 0, forward delay 0, hold 0
```

```
Number of transitions to forwarding state: 3
```

```
Link type is point-to-point by default
```

```
BPDU: sent 179, received 1149
```

```
* Path Cost для этого порта = 19, Port Priority =
= 128, PID = 128.3.
```

```
Port 25 (GigabitEthernet0/1) of VLAN0001 is for-
warding
```

```
Port path cost 4, Port priority 128, Port Identi-
fier 128.25.
```

```
Designated root has priority 32769, address
0019.3096.eb80
```

```
Designated bridge has priority 32769, address
0019.3096.eb80
```

```
Designated port id is 128.25, designated path cost 0
```

```
Timers: message age 0, forward delay 0, hold 0
```

```
Number of transitions to forwarding state: 3
```

```
Link type is point-to-point by default
```

```
BPDU: sent 169, received 2454
```

```
* Path Cost для этого порта = 4, Port Priority =
= 128, PID = 128.25.
```

```
sw1.lab#show spanning-tree vlan 1
```

```
VLAN0001
```

```
Spanning tree enabled protocol ieee
```

```
Root ID Priority 32769
```

```
Address 0019.3096.eb80
```

```
This bridge is the root
```

```
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
```

```
Bridge ID Priority 32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
```

```
Address 0019.3096.eb80
```

```
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
```

Aging Time 300

Interface	Role	Sts	Cost	Prio.Nbr	Type
Fa0/1	Desg	FWD	19	128.1	P2p
Fa0/3	Desg	FWD	19	128.3	P2p
Gi0/1	Desg	FWD	4	128.25	P2p

* Role - роли портов на коммутаторе Sw1.lab.

Sw2:

sw2.lab#show spanning-tree detail

VLAN0001 is executing the ieee compatible Spanning Tree protocol

Bridge Identifier has priority 32768, sysid 1, address 001c.b1de.6000

Configured hello time 2, max age 20, forward delay 15

Current root has priority 32769, address 0019.3096.eb80

Root port is 26 (GigabitEthernet0/2), cost of root path is 4

Topology change flag not set, detected flag not set

Number of topology changes 24 last change occurred 00:04:59 ago

from GigabitEthernet0/1

Times: hold 1, topology change 35, notification 2

hello 2, max age 20, forward delay 15

Timers: hello 0, topology change 0, notification 0, aging 300

* Информация о том, что корневой Sw1, RPC = 4 от Sw2 к Sw1.

Port 2 (FastEthernet0/2) of VLAN0001 is forwarding

Port path cost 19, Port priority 128, Port Identifier 128.2.

Designated root has priority 32769, address 0019.3096.eb80

Designated bridge has priority 32769, address 001c.b1de.6000

Designated port id is 128.2, designated path cost 4

Timers: message age 0, forward delay 0, hold 0

Number of transitions to forwarding state: 1

Link type is point-to-point by default

```
BPDU: sent 396, received 0
Port 25 (GigabitEthernet0/1) of VLAN0001 is forwarding
```

```
Port path cost 4, Port priority 128, Port Identifier 128.25.
```

```
Designated root has priority 32769, address 0019.3096.eb80
```

```
Designated bridge has priority 32769, address 001c.b1de.6000
```

```
Designated port id is 128.25, designated path cost 4
```

```
Timers: message age 0, forward delay 0, hold 0
```

```
Number of transitions to forwarding state: 1
```

```
Link type is point-to-point by default
```

```
BPDU: sent 755, received 2008
```

```
Port 26 (GigabitEthernet0/2) of VLAN0001 is forwarding
```

```
Port path cost 4, Port priority 128, Port Identifier 128.26.
```

```
Designated root has priority 32769, address 0019.3096.eb80
```

```
Designated bridge has priority 32769, address 0019.3096.eb80
```

```
Designated port id is 128.25, designated path cost 0
```

```
Timers: message age 2, forward delay 0, hold 0
```

```
Number of transitions to forwarding state: 1
```

```
Link type is point-to-point by default
```

```
BPDU: sent 2699, received 177
```

```
Sw2.lab#show spanning-tree vlan 1
```

```
VLAN0001
```

```
Spanning tree enabled protocol ieee
```

```
Root ID Priority 32769
```

```
Address 0019.3096.eb80
```

```
Cost 4
```

```
Port 26 (GigabitEthernet0/2)
```

```
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
```

```
Bridge ID Priority 32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
```

```
Address 001c.b1de.6000
```

```
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
```

```
Aging Time 300
```

Interface	Role	Sts	Cost	Prio.Nbr	Type
Fa0/2	Desg	FWD	19	128.2	P2p
Gi0/1	Desg	FWD	4	128.25	P2p
Gi0/2	Root	FWD	4	128.26	P2p

Sw3:

sw3.lab#show spanning-tree detail

VLAN0001 is executing the ieee compatible Spanning Tree protocol

Bridge Identifier has priority 32768, sysid 1, address 04fe.7f2b.e680

Configured hello time 2, max age 20, forward delay 15

Current root has priority 32769, address 0019.3096.eb80

Root port is 26 (GigabitEthernet0/2), cost of root path is 12

Topology change flag not set, detected flag not set

Number of topology changes 42 last change occurred 00:04:28 ago

Times: hold 1, topology change 35, notification 2

hello 2, max age 20, forward delay 15

Timers: hello 0, topology change 0, notification 0, aging 300

Port 1 (FastEthernet0/1) of VLAN0001 is alternate blocking

Port path cost 19, Port priority 128, Port Identifier 128.1.

Designated root has priority 32769, address 0019.3096.eb80

Designated bridge has priority 32769, address 0019.3096.eb80

Designated port id is 128.1, designated path cost 0

Timers: message age 1, forward delay 0, hold 0

Number of transitions to forwarding state: 4

Link type is point-to-point by default

BPDU: sent 2488, received 933

Port 2 (FastEthernet0/2) of VLAN0001 is designated forwarding

Port path cost 19, Port priority 128, Port Identifier 128.2.

Designated root has priority 32769, address 0019.3096.eb80

Designated bridge has priority 32769, address 04fe.7f2b.e680

Designated port id is 128.2, designated path cost 12

Timers: message age 0, forward delay 0, hold 0

Number of transitions to forwarding state: 1

Link type is point-to-point by default

BPDU: sent 380, received 0

Port 3 (FastEthernet0/3) of VLAN0001 is alternate blocking

Port path cost 19, Port priority 128, Port Identifier 128.3.

Designated root has priority 32769, address 0019.3096.eb80

Designated bridge has priority 32769, address 0019.3096.eb80

Designated port id is 128.3, designated path cost 0

Timers: message age 2, forward delay 0, hold 0

Number of transitions to forwarding state: 3

Link type is point-to-point by default

BPDU: sent 1149, received 170

Port 26 (GigabitEthernet0/2) of VLAN0001 is root forwarding

Port path cost 4, Port priority 128, Port Identifier 128.26.

Designated root has priority 32769, address 0019.3096.eb80

Designated bridge has priority 32769, address 04fe.7f86.7980

Designated port id is 128.26, designated path cost 8

Timers: message age 4, forward delay 0, hold 0

Number of transitions to forwarding state: 1

Link type is point-to-point by default

BPDU: sent 993, received 1758

Sw3.lab#show spanning-tree vlan 1


```
VLAN0001
Spanning tree enabled protocol ieee
Root ID Priority 32769
Address 0019.3096.eb80
Cost 12
Port 26 (GigabitEthernet0/2)
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
```

```
Bridge ID Priority 32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
Address 04fe.7f2b.e680
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
Aging Time 300
```

Interface	Role	Sts	Cost	Prio.Nbr	Type
Fa0/1	Altn	BLK	19	128.1	P2p
Fa0/2	Desg	FWD	19	128.2	P2p
Fa0/3	Altn	BLK	19	128.3	P2p
Gi0/2	Root	FWD	4	128.26	P2p

```
Sw4:
sw4.lab#show spanning-tree detail
```

```
VLAN0001 is executing the ieee compatible Spanning
Tree protocol
Bridge Identifier has priority 32768, sysid 1, ad-
dress 04fe.7f86.7980
Configured hello time 2, max age 20, forward delay 15
Current root has priority 32769, address
0019.3096.eb80
Root port is 25 (GigabitEthernet0/1), cost of root
path is 8
Topology change flag not set, detected flag not set
Number of topology changes 18 last change occurred
00:04:12 ago
Times: hold 1, topology change 35, notification 2
hello 2, max age 20, forward delay 15
Timers: hello 0, topology change 0, notification 0,
aging 300
```

```
Port 25 (GigabitEthernet0/1) of VLAN0001 is root
forwarding
```

```
Port path cost 4, Port priority 128, Port Identifier 128.25.
```

```
Designated root has priority 32769, address 0019.3096.eb80
```

```
Designated bridge has priority 32769, address 001c.b1de.6000
```

```
Designated port id is 128.25, designated path cost 4
```

```
Timers: message age 3, forward delay 0, hold 0
```

```
Number of transitions to forwarding state: 1
```

```
Link type is point-to-point by default
```

```
BPDU: sent 2008, received 730
```

```
Port 26 (GigabitEthernet0/2) of VLAN0001 is designated forwarding
```

```
Port path cost 4, Port priority 128, Port Identifier 128.26.
```

```
Designated root has priority 32769, address 0019.3096.eb80
```

```
Designated bridge has priority 32769, address 04fe.7f86.7980
```

```
Designated port id is 128.26, designated path cost 8
```

```
Timers: message age 0, forward delay 0, hold 0
```

```
Number of transitions to forwarding state: 1
```

```
Link type is point-to-point by default
```

```
BPDU: sent 1750, received 993
```

```
sw4.lab#show spanning-tree vlan 1
```

```
VLAN0001
```

```
Spanning tree enabled protocol ieee
```

```
Root ID Priority 32769
```

```
Address 0019.3096.eb80
```

```
Cost 8
```

```
Port 25 (GigabitEthernet0/1)
```

```
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
```

```
Bridge ID Priority 32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
```

```
Address 04fe.7f86.7980
```

```
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
```

```
Aging Time 300
```

Interface	Role	Sts	Cost	Prio.Nbr	Type
Gi0/1	Root	FWD	4	128.25	P2p
Gi0/2	Desg	FWD	4	128.26	P2p

1.2.2. Изменение места положения корня

Изменим место положения корневого коммутатора путем уменьшения поля приоритета в BID. Например, чтобы Root Bridge стал Sw2 (рис. 1.12), изменим его приоритет в BID.

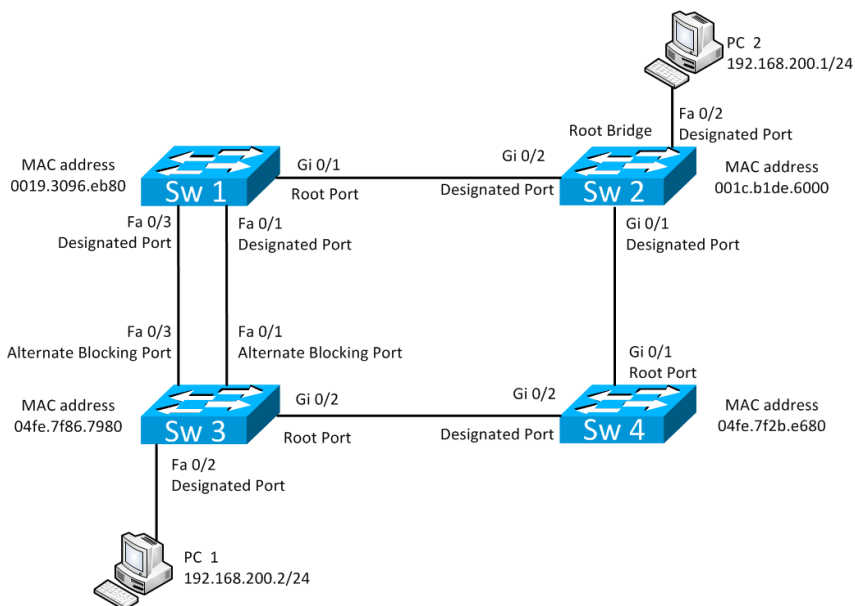


Рис. 1.12. Смена корневого моста

Настройте приоритет 4096 на Sw2:

Sw2 :

```
sw2.lab#configure terminal
```

```
sw2.lab(config)# spanning-tree vlan 1 priority 4096
```

В результате вывод команды Show Spanning-Tree VLAN 1 на коммутаторах:

```
Sw1:
sw1.lab#show spanning-tree vlan 1
```

```
VLAN0001
Spanning tree enabled protocol ieee
Root ID Priority 4097
Address 001c.b1de.6000
Cost 4
Port 25 (GigabitEthernet0/1)
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
```

```
Bridge ID Priority 32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
Address 0019.3096.eb80
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
Aging Time 15
```

Interface	Role	Sts	Cost	Prio.Nbr	Type
Fa0/1	Desg	FWD	19	128.1	P2p
Fa0/3	Desg	FWD	19	128.3	P2p
Gi0/1	Root	FWD	4	128.25	P2p

*Информация о том, какой сейчас новый Root Bridge.

```
Sw2:
sw2.lab#show spanning-tree vlan 1
18w1d: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by
console
```

```
VLAN0001
Spanning tree enabled protocol ieee
Root ID Priority 4097
Address 001c.b1de.6000
This bridge is the root
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
```

```
Bridge ID Priority 4097 (priority 4096 sys-id-ext 1)
Address 001c.b1de.6000
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
Aging Time 15
```

Interface	Role	Sts	Cost	Prio.Nbr	Type
Fa0/2	Desg	FWD	19	128.2	P2p
Gi0/1	Desg	FWD	4	128.25	P2p
Gi0/2	Desg	FWD	4	128.26	P2p

Sw3:

sw3.lab#show spanning-tree vlan 1

VLAN0001

Spanning tree enabled protocol ieee

Root ID Priority 32769

Address 0019.3096.eb80

Cost 12

Port 26 (GigabitEthernet0/2)

Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)

Address 04fe.7f2b.e680

Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Aging Time 300

Interface	Role	Sts	Cost	Prio.Nbr	Type
Fa0/1	Altn	BLK	19	128.1	P2p
Fa0/2	Desg	FWD	19	128.2	P2p
Fa0/3	Altn	BLK	19	128.3	P2p
Gi0/2	Root	FWD	4	128.26	P2p

Sw4:

sw4.lab#show spanning-tree vlan 1

VLAN0001

Spanning tree enabled protocol ieee

Root ID Priority 4097

Address 001c.b1de.6000

Cost 4

Port 25 (GigabitEthernet0/1)

Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)

Address 04fe.7f86.7980

Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Aging Time 300

Interface	Role	Sts	Cost	Prio.Nbr	Type
Gi0/1	Root	FWD	4	128.25	P2p
Gi0/2	Desg	FWD	4	128.26	P2p

Далее запустим `tcpdump` на PC1 или PC2. В выводе утилиты будут видны кадры BPDU STP.

1.2.3. Фильтрация BPDU

Теперь запретим коммутаторам отправлять кадры BPDU STP в порты, к которым подключены компьютеры.

Настроим PortFast и BPDU Filter и BPDU Guard на интерфейсе Fa0/2 на коммутаторах Sw2 и Sw3:

```
Sw2:
sw2.lab #conf t
sw2.lab (config)#interface fastEthernet 0/2
sw2.lab (config-if)#spanning-tree portfast
sw2.lab (config-if)#spanning-tree bpdugfilter enable
sw2.lab (config-if)#spanning-tree bpduguard enable
sw2.lab (config-if)#exit
```

```
Sw3:
sw3.lab #conf t
sw3.lab (config)#interface fastEthernet 0/2
sw3.lab (config-if)#spanning-tree portfast
sw3.lab (config-if)#spanning-tree bpdugfilter enable
sw3.lab (config-if)#spanning-tree bpduguard enable
sw3.lab (config-if)#exit
```

Теперь вывод `tcpdump` не будет показывать перехваченные кадры BPDU STP. Теперь вместо PC11 подключите коммутатор 5 управляющей сети к коммутатору Sw3 на 2 мин. В консоли Sw3 будет выведено сообщение о том, что BPDU Guard заблокирует порт Fa0/2:

– 18w1d: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/2, changed state to down

– 18w1d: %LINK-3-UPDOWN: Interface FastEthernet0/2, changed state to down

– 18w1d: %SPANTREE-2-BLOCK_BPDUGUARD: Received BPDU on port FastEthernet0/2 with BPDU Guard enabled. Disabling port

– 18w1d: %PM-4-ERR_DISABLE: bpduguard error detected on Fa0/2, putting Fa0/2 in err-disable state

Далее подключите PC1 обратно и выведете порт из этого состояния, включив и выключив его (для настройки выхода порта автоматически из этого состояния через 120 с введите в глобальном режиме конфигурации команду `Errdisable Recovery Interval 40`):

```
Sw2 :
sw2#conf t
sw2 (config)#interface FastEthernet 0/2
sw2 (config-if)#shutdown
sw2#(config-if) #no shutdown
```

1.2.4. Изменение места корневого порта

Сменим роли на портах коммутатора Sw1, данные изменения касаются только Sw1 (рис. 1.13).

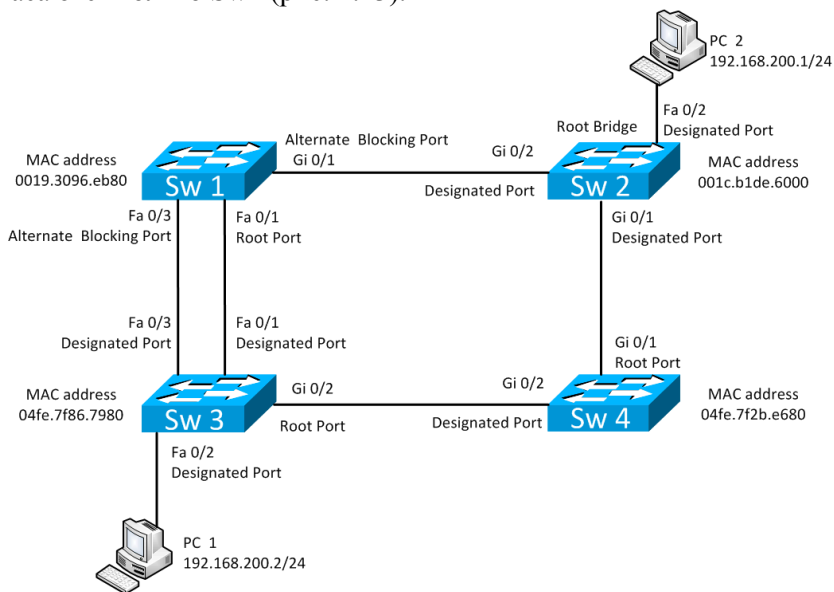


Рис. 1.13. Изменение места размещения корневого порта на коммутаторе Sw1

Для этого на коммутаторе Sw1 увеличим стоимость порта `Ge0/1` с 4 на 100:

```
Sw1 :
sw1#conf t
```

```
sw1(config)#int GigabitEthernet 0/1
sw1(config-if)#spanning-tree cost 100
```

Это приведет к тому, что путь от Sw1 к корню Sw2 будет короче через Sw3.

Вывод команды Show Spanning-Tree VLAN 1 на Sw1:

```
sw1.lab#show spanning-tree vlan 1
VLAN0001
Spanning tree enabled protocol ieee
Root ID Priority 4097
Address 001c.b1de.6000
Cost 27
Port 1 (FastEthernet0/1)
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
Address 0019.3096.eb80
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
Aging Time 15
```

Interface	Role	Sts	Cost	Prio.Nbr	Type
Fa0/1	Root	FWD	19	128.1	P2p
Fa0/3	Altn	BLK	19	128.3	P2p
Gi0/1	Altn	BLK	100	128.25	P2p

*Стоимость порта Gi0/1 на Sw1.lab теперь равна 100.

1.2.5. Изменение роли портов

Теперь сменим на коммутаторе Sw1 роль Fa0/1 на Altn, а Fa0/3 на Root (рис. 1.14).

Для этого на коммутаторе Sw3 заменим Port Priority на порту Fa 0/3 с 128 на 16:

```
Sw3:
sw3.lab#conf t
sw3.lab(config)#int FastEthernet 0/3
sw3.lab(config-if)#spanning-tree port-priority 16
```

Вывод команд Show Spanning-Tree VLAN 1 на Sw1:

```
sw1.lab#show spanning-tree vlan 1
```

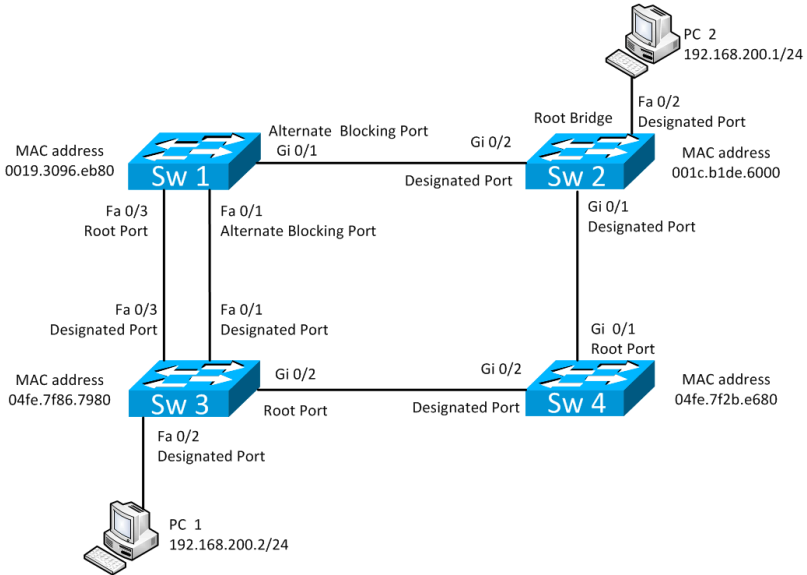



Рис. 1.14. Смена ролей портов FastEthernet на Sw1

```
VLAN0001
Spanning tree enabled protocol ieee
Root ID Priority 4097
Address 001c.b1de.6000
Cost 27
Port 3 (FastEthernet0/3)
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
Address 0019.3096.eb80
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
Aging Time 15
```

Interface	Role	Sts	Cost	Prio.Nbr	Type
Fa0/1	Altn	BLK	19	128.1	P2p
Fa0/3	Root	LRN	19	128.3	P2p
Gi0/1	Altn	BLK	100	128.25	P2p

*Роли портов сменились.

Вывод команд Show spanning-tree VLAN 1 и Show Spanning-Tree Detail на Sw3:

```
sw3.lab#show spanning-tree detail
```

```
VLAN0001 is executing the ieee compatible Spanning Tree protocol
```

```
Bridge Identifier has priority 32768, sysid 1, address 04fe.7f2b.e680
```

```
Configured hello time 2, max age 20, forward delay 15
```

```
Current root has priority 4097, address 001c.blde.6000
```

```
Root port is 26 (GigabitEthernet0/2), cost of root path is 8
```

```
Topology change flag set, detected flag not set
```

```
Number of topology changes 50 last change occurred 00:00:04 ago
```

```
from FastEthernet0/3
```

```
Times: hold 1, topology change 35, notification 2
```

```
hello 2, max age 20, forward delay 15
```

```
Timers: hello 0, topology change 0, notification 0, aging 15
```

```
Port 1 (FastEthernet0/1) of VLAN0001 is designated forwarding
```

```
Port path cost 19, Port priority 128, Port Identifier 128.1.
```

```
Designated root has priority 4097, address 001c.blde.6000
```

```
Designated bridge has priority 32769, address 04fe.7f2b.e680
```

```
Designated port id is 128.1, designated path cost 8
```

```
Timers: message age 0, forward delay 0, hold 0
```

```
Number of transitions to forwarding state: 7
```

```
Link type is point-to-point by default
```

```
BPDU: sent 2551, received 1739
```

```
Port 2 (FastEthernet0/2) of VLAN0001 is designated forwarding
```

```
Port path cost 19, Port priority 128, Port Identifier 128.2.
```

```
Designated root has priority 4097, address 001c.blde.6000
```

Designated bridge has priority 32769, address 04fe.7f2b.e680

Designated port id is 128.2, designated path cost 8
Timers: message age 0, forward delay 0, hold 0
Number of transitions to forwarding state: 1

The port is in the portfast mode

Link type is point-to-point by default

Bpdu guard is enabled

Bpdu filter is enabled

BPDU: sent 0, received 0

*Порт в режиме PortFast. BPDU-Guard и Filter включены.

Port 3 (FastEthernet0/3) of VLAN0001 is designated forwarding

Port path cost 19, Port priority 16, Port Identifier 16.3.

Designated root has priority 4097, address 001c.b1de.6000

Designated bridge has priority 32769, address 04fe.7f2b.e680

Designated port id is 16.3, designated path cost 8
Timers: message age 0, forward delay 0, hold 0
Number of transitions to forwarding state: 4

Link type is point-to-point by default

BPDU: sent 1212, received 1197

*Приоритет порта теперь 16 вместо 128.

Port 26 (GigabitEthernet0/2) of VLAN0001 is root forwarding

Port path cost 4, Port priority 128, Port Identifier 128.26.

Designated root has priority 4097, address 001c.b1de.6000

Designated bridge has priority 32769, address 04fe.7f86.7980

Designated port id is 128.26, designated path cost 4
Timers: message age 3, forward delay 0, hold 0
Number of transitions to forwarding state: 1

Link type is point-to-point by default

BPDU: sent 1002, received 2851

sw3.lab#show spanning-tree vlan 1

```

VLAN0001
Spanning tree enabled protocol ieee
Root ID Priority 4097
Address 001c.b1de.6000
Cost 8
Port 26 (GigabitEthernet0/2)
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec

Bridge ID Priority 32769 (priority 32768 sys-id-ext 1)
Address 04fe.7f2b.e680
Hello Time 2 sec Max Age 20 sec Forward Delay 15 sec
Aging Time 300

Interface   Role    Sts    Cost   Prio.Nbr  Type
Fa0/1       Desg    FWD    19     128.1     P2p
Fa0/2       Desg    FWD    19     128.2     P2p Edge
Fa0/3       Desg    FWD    19     16.3      P2p
Gi0/2       Root    FWD    4      128.26    P2p

```

1.2.6. Корректное восстановление исходной конфигурации

Необходимо сохранить вашу конфигурацию на всех устройствах. Для этого выполним команды

```

Sw1.lab#copy running-config startup-config
Sw2.lab#copy running-config startup-config
Sw3.lab#copy running-config startup-config
Sw4.lab#copy running-config startup-config

```

Задания для самостоятельной работы

1. Сделайте коммутатор Sw4 корневым мостом.
2. По окончании работ сотрите свою конфигурацию (Erase Startup-Config) и перезагрузите оборудование (Reload) с помощью лаборанта.
3. Для студентов специальностей, не работающих с оборудованием, выполнить и оформить лабораторную работу согласно заданию преподавателя.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое сегмент сети?
2. Что означает Blocked Port?
3. Что означает Designated Port?
4. Что означает Root Port?
5. Из чего состоит VID?
6. Из чего состоит PID?
7. Как определяется значение стоимости пути?
8. Этапы начальной сходимости STP?
9. Сколько назначенных портов имеется в сети на рис. 1.15?
10. Сколько корневых портов имеется в сети на рис. 1.15?
11. Какой мост имеет статус корневого моста при том, что остальные параметры будут равны?

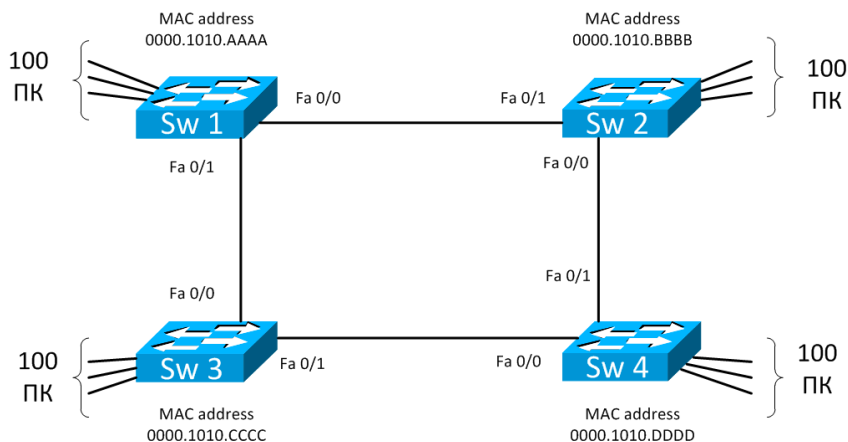


Рис. 1.15. Пример сети, состоящей из четырех коммутаторов и 400 станций

12. Сколько заблокированных портов имеется в сети на рис. 1.15?
13. Каково время сходимости STP?
14. Каким образом вычисляется значение корневой стоимости?

15. В процессе работы алгоритма протокола STP каждый порт устройства сохраняет лучшее из сообщений BPDU, полученных через некоторый порт. По каким критериям оценивается полученная информация?

Список литературы по главе 1

1. Принципы коммутации в локальных сетях Cisco: пер. с англ. – М.: Вильямс, 2003. – 976 с.

2. Программа сетевой академии Cisco CCNA 3 и 4. Вспомогательное руководство: пер. с англ. – М.: Вильямс, 2008. – 944 с.

3. Understanding RSTP [Электронный ресурс]: текстовая документация / Cisco – США, 2011. – URL: http://www.cisco.com/en/US/tech/tk389/tk621/technologies_white_paper09186a0080094cfa.shtml.

4. Cisco IOS 12.2 (44) SE Command Reference [Электронный ресурс]: текстовая документация / Cisco. – США, 2011. – URL: http://www.cisco.com/en/US/docs/switches/lan/catalyst2960/software/release/12.2_44_se/command/reference/cli3.html.

5. Семенов Ю.А. Протокол STP [Электронный ресурс]: текстовая документация. 2011. – URL: http://book.iter.ru/4/41/rep_4114.htm#1.

Учебное издание

МАСИЧ Григорий Федорович

СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Учебное пособие

Редактор и корректор *В.В. Мальцева*

Подписано в печать 5.03.2014. Формат 60×90/16.
Усл. печ. л. 12,0. Тираж 100 экз. Заказ № 32/2014.

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета.
Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, к. 113.
Тел. (342) 219-80-33.