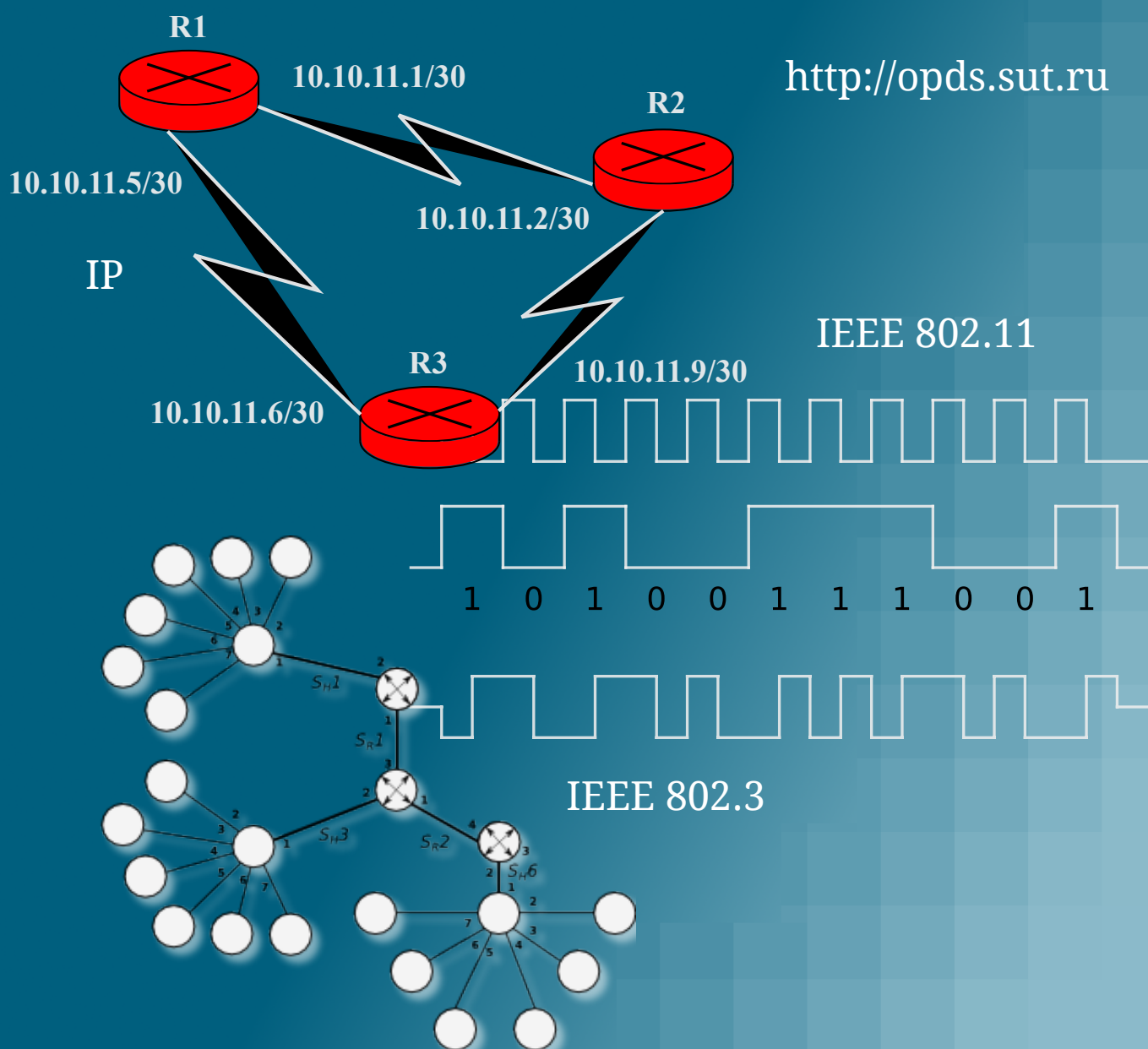


Небаев И.А.

Компьютерные сети передачи данных



<http://opds.sut.ru>

IEEE 802.11

IEEE 802.3

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича (СПбГУТ)

Кафедра «Обработки и передачи дискретных сообщений» (ОПДС)

Небаев И. А.

Учебное пособие к курсовой работе

«Разработка компьютерной сети обработки и передачи данных»

Целью курсовой работы является выработка и закрепление практических навыков по выполнению задач проектирования сетей передачи данных с применением современного оборудования. Курсовая работа преследует цели повышения качества и углубления знаний студентов в области планирования и распределения сетевых элементов единой сети передачи данных. Задания курсовой работы затрагивают такие аспекты оптимизации программно-аппартного ресурса сети, эффективного использования доступного адресного пространства, построение оптимальной структуры резервных связей подсетей и т.д.

Учебное пособие предназначено для студентов старших курсов, обучающихся по программам вечернего и заочного образования.

Рецензенты:

Когновичкий О. С., д.т.н., профессор

Доронин Е. М., к.т.н., доцент

Бородко А. В., к.т.н., доцент

Санкт-Петербург — 2014г.

Содержание

I	Указания к выполнению курсовой работы	5
1.	Задания курсовой работы	5
1.1.	Выделение подсетей рабочих станций	5
1.2.	Построение графа ЕСПД	5
1.3.	Обоснование перечня технических средств	5
1.4.	План IP-адресации подсетей рабочих станций S_H	6
1.5.	План IP-адресации подсетей маршрутизаторов S_R	6
1.6.	Формирование таблиц маршрутизации	7
1.7.	Задача принятия решения о маршрутизации пакета	7
1.8.	Задача отображения адресов сетевого и канального уровня	7
1.8.1.	Отображение в локальном сегменте	8
1.8.2.	Отображение в удаленных сегментах	9
1.9.	Беспроводной доступ	9
2.	Форма отчета	10
3.	Варианты заданий	10
II	Пример выполнения курсовой работы	15
4.	Исходные данные задания	15
5.	Решение заданий курсовой работы	16
5.1.	Распределение подсетей рабочих станции S_H сети ЕСПД	16
5.2.	Построение графа сети ЕСПД	16
5.3.	Перечень технических средств	18
5.4.	План IP-адресации подсетей рабочих станций S_H	18
5.5.	План IP-адресации подсетей маршрутизаторов S_R	24
5.6.	Таблицы маршрутизации сети ЕСПД	28
5.7.	Решение задачи о маршрутизации пакета	31
5.8.	Решение задачи отображения адресов на сетевом и канальном уровнях	31
5.8.1.	Локальный сегмент	32
5.8.2.	Удаленные сегменты	33
5.9.	Организация беспроводного доступа к компьютерной сети передачи данных	35
5.10.	Вывод по результатам выполнения заданий курсовой работы	38
6.	Литература	39

7. Варианты исходного графа сети**40**

Часть I

Указания к выполнению курсовой работы

1. Задания курсовой работы

Для достижения поставленных в рамках данной курсовой работы целей, требуется выполнить следующие задачи:

1.1. Выделение подсетей рабочих станций

На основании исходного рисунка топологии ядра сети, указанного в соответствии с вариантом задания в табл.1, сформировать H -подсетей рабочих станций S_H из заданного количества N -рабочих станций. По возможности необходимо использовать равномерное распределение рабочих станции по подсетям, т.е. равное число рабочих станций в каждой создаваемой подсети (N/H). Пример выполнения см. 5.1.

1.2. Построение графа ЕСПД

После планирования размещения подсетей рабочих станций S_H по разработанному плану необходимо дополнить исходный граф ядра ЕСПД указанный в соответствии с вариантом задания в табл.1.

Для выполнения данного задания необходимо произвести объединении нескольких рабочих станций в выделенную подсеть с помощью коммутирующего оборудования (L2-коммутатора) и выполнить подключение подсети к соответствующему маршрутизатору R ядра ЕСПД. Каждой подсети S_H и узлу, расположенному в данной подсети, необходимо назначить буквенно-цифровое обозначение. На схеме графа необходимо пронумеровать физические порты коммутаторов подсетей S_H и интерфейсы маршрутизаторов R . Дополнительно к этому, для каждой подсети требуется обозначить границы ширококвещательного домена.

Распределив подсети рабочих станций S_H , необходимо выделить (подсчитать количество) и обозначить подсети маршрутизаторов S_R ядра ЕСПД. По аналогии, следует произвести буквенно-цифровое обозначение каждого маршрутизатора сети и пронумеровать его интерфейсы. Пример выполнения см. 5.2.

1.3. Обоснование перечня технических средств

Для корректного функционирования проектируемой сети ЕСПД, по полученному графу необходимо указать и обосновать:

- 1) Количество требуемого телекоммуникационного оборудования (Маршрутизаторов R , Коммутаторов SW , сетевых карт и т.д.)
- 2) Конфигурацию каждого элемента сети ЕСПД (Количество портов, интерфейсов и т.д.)
- 3) Указать тип линий связи, технологию опорной сети и пропускную способность. (Витая пара, Ethernet, FE, GE и т.д.)

Пример выполнения см. 5.3.

1.4. План IP-адресации подсетей рабочих станций S_H

В соответствии с указанным для данного варианта адресным пространством подсетей рабочих станций S_H из табл.1 необходимо сформировать пул IP-адресов, организованных в неперекрывающиеся подсети. Выделение блоков IP-адресов следует производить в соответствии с принципами бесклассовой адресации (CIDR). Т.е. выделение блоков подсетей, в целях оптимизации использования доступного адресного пространства, производится непрерывными диапазонами.

В приведенном плане адресации подсети следует перечислить и указать используемые IP-адреса в десятичной и двоичной нотации. Указать назначение (IP-адрес рабочей станции, интерфейс маршрутизатора, адрес сети, резерв и т.д.) выделенного адреса.

Следует учесть, что количество IP-адресов в подсети не может быть меньше количества узлов подсети. Не стоит забывать о наличии адреса самой подсети и широковещательного адреса. Для каждой подсети допустимо формирование пула IP-адресов с резервом, для целей будущего развития сети (подсети). Подробнее в примере 5.4.

1.5. План IP-адресации подсетей маршрутизаторов S_R

Все указания перечисленные в пункте 1.4 также относятся к данному разделу.

Необходимо сформировать конечное число IP-подсетей маршрутизаторов S_R , используя адресное пространство, выделенное в соответствии с вариантом задания из табл.1. Количество выделяемых IP-подсетей и размер каждой вычисляется в соответствии с графом сети ЕСПД, разработанным в предыдущих разделах. Также как и при выделении IP-подсетей для рабочих станции, необходимо руководствоваться принципами бесклассовой адресации CIDR и непрерывного выделения блоков IP-адресов. Подробнее см. глава II.

В формируемом плане адресации подсети S_R перечислить и указать используемые IP-адреса в десятичной и двоичной нотации. Указать назначение (интерфейс маршрутизатора, адрес сети и т.д.) выделенного адреса. Пример выполнения см. 5.5.

1.6. Формирование таблиц маршрутизации

Выделив, как указано в разделах 1.4 и 1.5 необходимое количество IP-подсетей S_H для рабочих станций и IP-подсетей S_R для маршрутизаторов, требуется заполнить таблицы маршрутизации маршрутизаторов R ядра ЕСПД.

Заполнение таблиц маршрутизации необходимо производить статическими записями, преследуя условие возможности связи любого узла любой подсети с любым узлом любой смежной и не смежной подсети. В таблицу маршрутизации каждого маршрутизатора R необходимо поместить следующую информацию:

- 1) Наименование маршрутизатора;
- 2) Сеть назначения с маской в десятичной нотации;
- 3) Шлюз;
- 4) Метрику расстояния.

В качестве метрики расстояния подразумевается количество промежуточных узлов от узла отправления до узла назначения. Пример в 5.6.

1.7. Задача принятия решения о маршрутизации пакета

В качестве исходных данных для решения данной задачи необходимо выбрать узел отправителя (IP-адрес узла), маску подсети отправителя и узел получателя (IP-адрес). Основным критерием выбора является использование произвольных узлов находящихся на расстоянии минимум двух подсетей.

В соответствии с принципами принятия решения о необходимости маршрутизации пакета во внешнюю подсеть, следует найти адрес подсети отправителя (вначале в двоичном виде, а затем в десятичном), применив операцию логического «И» («AND») для IP-адреса узла отправителя и маски подсети отправителя. Затем выполнить операцию «AND» для IP-адреса узла получателя и маски подсети отправителя. Сравнив оба результата, необходимо принять решение о маршрутизации данного пакета в смежную подсеть (если результат не совпадает) или передаче его в пределах собственной подсети (если результат совпадает).

Следует напомнить, что операция логического «И» («AND») предполагает получение двоичного результата равного «1» при умножении двоичных разрядов равных «1». При всех остальных возможных комбинациях, результат умножения будет равен двоичному «0». Подробный пример выполнения см. 5.7.

1.8. Задача отображения адресов сетевого и канального уровня

Выполнение данного задания следует начинать с выбора двух произвольных подсетей рабочих станций S_H , с условием того, что данные подсети будут находиться на расстоя-

нии разделенном минимум двумя маршрутизаторами R . Далее, для выбранных подсетей необходимо сформировать таблицу следующего содержания:

- 1) Наименование подсети;
- 2) Наименование коммутатора SW данной подсети;
- 3) Порт коммутатора;
- 4) Адрес канального уровня узла подключенного к данному порту;
- 5) Наименование узла (рабочей станции).

В зависимости от выбранного количества портов коммутатора SW подсетей рабочих станций S_H не занятые порты следует обозначить резервными. Адреса канального уровня (Ethernet MAC) узлов подключенных к коммутатору выбираются произвольно. Завершив подготовку исходных данных, необходимых для решения данного задания, можно приступить к его непосредственному выполнению.

1.8.1. Отображение в локальном сегменте

Первая часть задания состоит в указании последовательности выполнения процедур протокола ARP при разрешении IP-адреса узла подсети на соответствующий MAC-адрес, с условием, что оба узла находятся в пределах одной подсети. Два узла, участвующие в обмене информацией выбираются произвольно из списка рабочих станций подсети. Для решения задания предлагается заполнить два псевдозаголовка фрейма канального уровня (псевдозаголовок содержит заголовок фрейма Ethernet формата DIX и заголовок ARP), представленного на рис.1.

0			5			11			15					
<i>DESTINATION MAC</i>						<i>SOURCE MAC</i>						<i>ETHTYPE</i>	<i>HWTYP</i>	
<i>P</i>	<i>HLEN</i>	<i>PLEN</i>	<i>OPER</i>			<i>SENDER L2 ADDR</i>						<i>SENDER L3 ADDR</i>		
<i>TARGET L2 ADDR</i>						<i>TARGET L3 ADDR</i>								

Рис. 1. Псевдозаголовок Ethernet DIX и ARP

Расшифровка полей, требуемых для заполнения:

- **DESTINATION MAC** — Физический (локальный) адрес получателя в заголовке фрейма Ethernet. При широковещательной рассылке равен FF:FF:FF:FF:FF:FF;
- **SOURCE MAC** — Физический адрес отправителя в заголовке фрейма Ethernet;
- **OPER** — Код операции протокола отправителя, запрос (1) или ответ (2);

- **SENDER L2 ADDRESS** — Физический адрес отправителя в заголовке протокола ARP;
- **SENDER L3 ADDRESS** — Адрес протокола сетевого уровня (логический адрес) отправителя в заголовке протокола ARP;
- **TARGET L2 ADDRESS** — Физический адрес получателя в заголовке протокола ARP. При ARP-запросе (1) неизвестен (00:00:00:00:00:00);
- **TARGET L3 ADDRESS** — Логический адрес получателя в заголовке протокола ARP.

Как было указано выше, необходимо заполнить два псевдозаголовка, один для фрейма запроса ARP-протокола, второй для фрейма ответа. Пример см. в разделе II.

В заключении, на граф ЕСПД, полученный после выполнения пункта задания 1.2, нанести графический элемент, изображающий фреймы **Ethernet**, передаваемые узлу, указанному в заполненных выше полях.

1.8.2. Отображение в удаленных сегментах

Вторая часть задания отличается расположением узлов, участвующих в обмене данными. Условие заключается в том, что узлы должны располагаться в двух разных подсетях рабочих станций S_H , выбранных в первой части данного задания. Узлы, участвующие в обмене, так же как и в предыдущем пункте выбираются произвольно из списка рабочих станций подсетей. Для выполнения данного задания не требуется заполнять псевдозаголовки фреймов, а лишь нанести графические элементы на граф ЕСПД, изображающие передачу фреймов **Ethernet** в удаленную подсеть узлу назначения, с указанием корректных адресов отправителя (поля L2, L3) и получателя на данном сегменте сети. Пример выполнения задания рассмотрен в 5.8.

1.9. Беспроводной доступ

Для создания и поддержания условий мобильности клиента в пределах проектируемой компьютерной сети передачи данных, необходимо дополнить структурированную кабельную систему сети оборудованием беспроводного доступа, поддерживающим стандарт IEEE 802.11. В качестве оборудования обеспечивающего беспроводной доступ к проектируемой сети используется беспроводная точка доступа (Wi-Fi AP).

Для решения данной задачи необходимо сформировать таблицу технических характеристик устройства беспроводного доступа, содержащую в себе следующие пункты:

- Место включения точки доступа на графе сети;
- IP-адрес точки доступа;
- Диапазон IP-адресов, выделяемых беспроводным клиентам;
- MAC-адрес устройства;

- Версия стандарта организации беспроводного доступа и рабочий частотный диапазон;
- Алгоритм обеспечения безопасности подключения беспроводных устройств;
- Идентификатор беспроводной сети (SSID).

Пример выполнения данного задания приведен в разделе [5.9](#).

2. Форма отчета

Выполненная курсовая работа предоставляется в бумажном и электронном виде. Электронный образец курсовой работы записывается на оптический компакт-диск односторонней записи CD-R (достаточно 8 см. мини-диска объемом 140 Мбайт) в формате PDF.

Бумажный вариант курсовой работы должен иметь титульный лист, содержание и выполненные задания курсовой работы в соответствии с требованиями данного руководства. Курсовая работа должна оканчиваться выводом о возможности применения данной ЕСПД на практике, нюансах реализации и рекомендации по оптимизации и улучшению конкретного проекта.

Технические требования к оформлению документа:

- 1) Гарнитура TNR, кегль 12 п.;
- 2) Межстрочный интервал 1.1;
- 3) Левое и правое поле — 2.5 см;
- 4) Нижнее и верхнее поле — 2.5 см;
- 5) Выравнивание текста по ширине страницы;
- 6) Рисунки и графики рекомендуется выполнять в векторном формате.

3. Варианты заданий

Варианты заданий представленных к выполнению приведены в табл.1. Номер варианта задания соответствует двум последним цифрам в студенческом билете обучающегося. Графы исходных топологий ядра сети ЕСПД для каждого варианта задания представлены на рис.8 — рис.14 в приложении 7.

Таблица 1: Исходные данные задания

Вариант задания	Топология ядра сети	Кол-во раб. ст., N	Кол-во подсетей раб. ст., H	Кол-во беспр. ст.	Адр. подсетей марш-ров, S_R	Адр. подсетей раб. ст., S_H
01	7	24	4	15	10.1.0.0/16	192.168.1.0/24
02	22	24	4	19	172.20.2.0/24	192.168.0.0/16
03	10	26	4	21	10.3.0.0/24	172.16.0.0/12
04	25	26	6	11	192.168.4.0/24	10.4.0.0/16
05	13	30	5	9	172.30.5.0/24	10.0.0.0/8
06	28	25	5	11	10.6.0.0/16	192.168.0.0/16
07	1	25	5	20	10.7.0.0/24	172.17.7.0/24
08	16	30	6	17	172.18.8.0/24	192.168.0.0/16
09	4	15	3	16	192.168.9.0/24	10.0.0.0/8
10	19	25	5	10	192.168.10.0/24	10.10.0.0/16
11	2	24	4	13	172.21.11.0/24	192.168.0.0/16
12	17	15	5	12	10.12.0.0/16	192.168.0.0/16
13	5	30	5	18	192.168.13.0/24	10.13.0.0/16
14	20	30	6	20	172.24.0.0/12	10.14.0.0/16
15	8	25	5	19	10.15.0.0/24	192.168.0.0/16
16	23	25	5	16	192.168.16.0/24	10.16.0.0/16
17	11	20	4	10	172.27.17.0/24	10.0.0.0/24
18	26	20	5	12	10.18.0.0/16	192.168.0.0/16
19	14	25	5	13	192.168.19.0/24	10.19.0.0/24
20	29	30	5	9	192.168.20.0/24	172.20.1.0/24
21	3	24	6	11	172.21.1.0/24	10.0.0.0/16
22	18	24	4	14	172.23.22.0/24	10.10.0.0/16
23	6	18	3	10	192.168.0.0/16	172.23.23.0/24
24	21	18	3	19	10.24.0.0/16	192.168.24.0/24
25	9	25	5	17	172.27.0.0/16	10.25.1.0/24

Таблица 1: Исходные данные задания

Вариант задания	Топология ядра сети	Кол-во раб. ст., N	Кол-во подсетей раб. ст., H	Кол-во беспр. ст.	Адр. подсетей марш-ров, S_R	Адр. подсетей раб. ст., S_H
26	24	30	4	20	192.168.26.0/24	10.26.1.0/24
27	12	18	6	15	10.27.0.0/24	172.17.110.0/24
28	27	30	6	17	172.28.0.0/24	192.168.0.0/16
29	15	21	7	11	10.29.0.0/16	192.168.0.0/16
30	30	24	6	10	172.29.30.0/24	10.30.0.0/16
31	54	30	5	13	192.168.31.0/24	10.31.0.0/16
32	85	25	5	19	172.16.32.0/24	192.168.32.0/24
33	73	36	4	20	10.0.73.0/24	172.31.33.0/24
34	40	30	5	16	192.168.2.0/24	172.18.34.0/24
35	51	25	5	11	10.35.0.0/16	192.168.20.0/24
36	59	35	5	20	172.19.34.0/24	10.36.36.0/24
37	93	30	5	10	10.0.37.0/24	192.168.3.0/24
38	62	24	4	9	172.21.34.0/24	192.168.38.0/24
39	36	36	4	11	192.168.39.0/24	10.39.0.0/16
40	98	24	4	18	172.23.34.0/24	10.40.0.0/16
41	46	30	5	17	172.17.41.0/24	192.168.41.0/24
42	88	24	6	15	10.42.42.0/24	172.18.0.0/16
43	39	18	6	11	172.26.34.0/24	10.9.10.0/24
44	41	25	5	10	172.22.44.0/24	192.168.44.0/24
45	31	20	4	16	172.28.34.0/24	10.45.1.0/24
46	43	35	5	14	10.46.0.0/16	192.168.46.0/24
47	50	18	6	18	10.10.47.0/24	172.24.7.0/24
48	64	35	5	17	172.31.34.0/24	10.48.0.0/16
49	71	24	6	11	10.0.0.0/16	172.16.1.0/24
50	76	30	5	13	10.50.0.0/24	192.168.50.0/24

Таблица 1: Исходные данные задания

Вариант задания	Топология ядра сети	Кол-во раб. ст., N	Кол-во подсетей раб. ст., H	Кол-во беспр. ст.	Адр. подсетей марш-ров, S_R	Адр. подсетей раб. ст., S_H
51	81	28	4	17	172.27.34.0/24	10.1.51.0/24
52	86	24	6	16	10.52.0.0/16	192.168.52.0/24
53	89	25	5	12	192.168.53.0/24	172.25.53.0/24
54	92	30	5	10	172.25.0.0/16	192.168.0.0/16
55	72	25	5	13	192.168.5.0/24	172.26.0.0/16
56	47	24	6	19	10.56.0.0/16	172.26.56.0/24
57	45	25	5	9	172.27.57.0/24	10.57.0.0/16
58	33	28	4	19	172.28.58.0/24	10.58.1.0/24
59	61	25	5	16	172.30.0.0/24	10.59.0.0/16
60	68	32	4	14	10.0.1.0/24	172.20.60.0/24
61	74	25	5	12	10.61.0.0/16	172.21.61.0/24
62	84	24	4	10	172.30.34.0/24	10.62.0.0/16
63	44	30	5	11	10.63.0.0/16	172.23.63.0/24
64	49	20	5	13	192.168.64.0/24	172.24.64.0/24
65	90	28	4	15	172.29.34.0/24	192.168.65.0/24
66	69	32	4	17	10.66.66.0/24	192.168.66.0/24
67	74	30	5	19	172.27.67.0/24	192.168.67.0/24
68	95	35	5	20	192.168.68.0/24	172.30.68.0/24
69	87	28	4	18	10.69.0.0/16	172.29.96.0/24
70	58	30	5	14	172.20.70.0/24	10.70.0.0/16
71	35	32	4	12	172.22.34.0/24	192.168.71.0/24
72	52	36	4	11	10.72.0.0/16	172.22.72.0/24
73	38	28	4	9	10.73.0.0/16	172.23.73.0/24
74	99	28	4	10	192.168.74.0/24	172.18.74.0/24
75	94	25	5	12	172.25.34.0/24	10.75.0.0/24

Таблица 1: Исходные данные задания

Вариант задания	Топология ядра сети	Кол-во раб. ст., N	Кол-во подсетей раб. ст., H	Кол-во беспр. ст.	Адр. подсетей марш-ров, S_R	Адр. подсетей раб. ст., S_H
76	77	35	5	14	10.76.0.0/16	172.16.76.0/24
77	82	24	4	13	10.77.0.0/16	192.168.0.0/16
78	60	20	5	19	192.168.78.0/24	172.18.78.0/24
79	56	20	5	17	10.79.1.0/24	172.17.19.0/24
80	48	30	6	15	10.10.80.0/24	192.168.80.0/24
81	34	25	5	14	172.24.34.0/24	10.81.0.0/16
82	37	24	4	12	10.82.0.0/16	172.24.82.0/24
83	42	20	5	11	192.168.8.0/24	172.28.83.0/24
84	66	30	5	14	172.24.48.0/24	10.10.84.0/24
85	91	30	5	15	10.10.85.0/24	192.168.85.0/24
86	75	32	4	17	192.168.6.0/24	172.26.86.0/24
87	63	28	4	19	10.78.0.0/16	192.168.87.0/24
88	32	24	4	15	10.88.1.0/24	192.168.9.0/24
89	96	30	5	13	192.168.89.0/24	172.29.89.0/24
90	83	25	5	11	10.90.0.0/16	192.168.90.0/24
91	100	32	4	12	10.91.1.0/24	192.168.0.0/16
92	80	32	4	14	192.168.29.0/24	172.28.92.0/24
93	78	20	5	15	10.93.0.0/16	172.23.93.0/24
94	70	20	5	16	10.94.0.0/16	172.30.94.0/24
95	67	32	4	18	192.168.95.0/24	10.95.0.0/16
96	65	32	4	20	10.96.1.0/24	172.19.96.0/24
97	57	25	5	18	10.97.0.0/16	192.168.11.0/24
98	55	24	6	10	192.168.1.0/24	172.18.98.0/24
99	53	32	4	15	10.99.0.0/16	172.17.99.0/24
00	97	30	6	11	172.30.0.0/24	10.0.10.0/24

Часть II

Пример выполнения курсовой работы

4. Исходные данные задания

Исходные данные принятые для примера выполнения данной курсовой работы:

- 1) Количество рабочих станций сети ЕСПД — $N = 36$;
- 2) Количество подсетей рабочих станций — $H = 6$;
- 3) Количество беспроводных клиентов — 20;
- 4) Доступное адресное пространство для подсетей маршрутизаторов ЕСПД S_R — 172.17.117.0/24;
- 5) Доступное адресное пространство для подсетей рабочих станций S_H — 10.10.0.0/16;

Топология ядра сети ЕСПД представлена на рис.2.

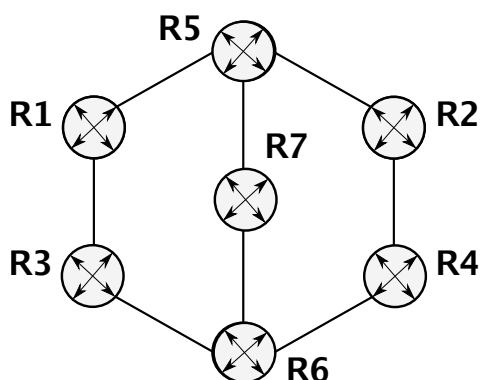


Рис. 2. Топология ядра сети ЕСПД

Имея достаточное количество исходных данных можно приступить к последовательному выполнению заданий курсовой работы.

5. Решение заданий курсовой работы

5.1. Распределение подсетей рабочих станции S_H сети ЕСПД

Согласно исходным условиям задания, сеть ЕСПД должна обеспечивать работу минимум 36 рабочих станций ($N = 36$), которые необходимо разделить равномерно по 6 подсетям. Т.о. в каждой подсети может находиться 6 рабочих станций ($N/H = 36/6 = 6$), что в полной мере удовлетворяет условию равномерного распределения.

5.2. Построение графа сети ЕСПД

Распределив рабочие станции по подсетям, можно приступить к дополнению графа сети ЕСПД.

Объединение рабочих станций в каждой подсети будет производиться посредством неуправляемого L2-коммутатора, с 8 физическими портами **FastEthernet**. Т.о. каждая рабочая станция подключается к коммутатору с помощью кабеля UTP(неэкранированная витая пара) категории 5, образуя сегментированное полнодуплексное подключение.

Из 8 физических портов коммутатора, 6 портов используются для объединения рабочих станций и один порт для подключения к маршрутизатору R ядра сети ЕСПД. Оставшийся порт коммутатора можно использовать для каскадного подключения второго коммутатора при возможном расширении подсети или в качестве технического резерва.

Согласно исходному графу сети ЕСПД, эксплуатационную нагрузку сети должны обеспечивать 7 маршрутизаторов R . В зависимости от расположения, маршрутизаторы имеют 3 или 4 интерфейса **FastEthernet**. Корректная маршрутизации пакетов между любыми подсетями обеспечится при наличии 6 подсетей. Однако используя маршрутизатор $R7$, можно организовать набор резервных связей между подсетями рабочих станций и подсетями маршрутизаторов сети ЕСПД. Учитывая данное предложение следует использовать 8 подсетей маршрутизаторов.

Расширенный граф сети ЕСПД представлен на рис.3. На графе сети ЕСПД нанесены следующие буквенно-цифровые наименования:

- $H1-H6$ — рабочие станции сети ЕСПД;
- $R1-R7$ — маршрутизаторы сети ЕСПД.
- $SW1-SW6$ — коммутаторы подсети рабочих станций
- $BRD1-BRD6$ — границы широковещательных доменов подсетей рабочих станций;
- S_H1-S_H6 — подсети рабочих станций;
- S_R1-S_R8 — подсети маршрутизаторов.

На графе также обозначены соответствующие номера интерфейсов маршрутизаторов R и порты коммутаторов SW .

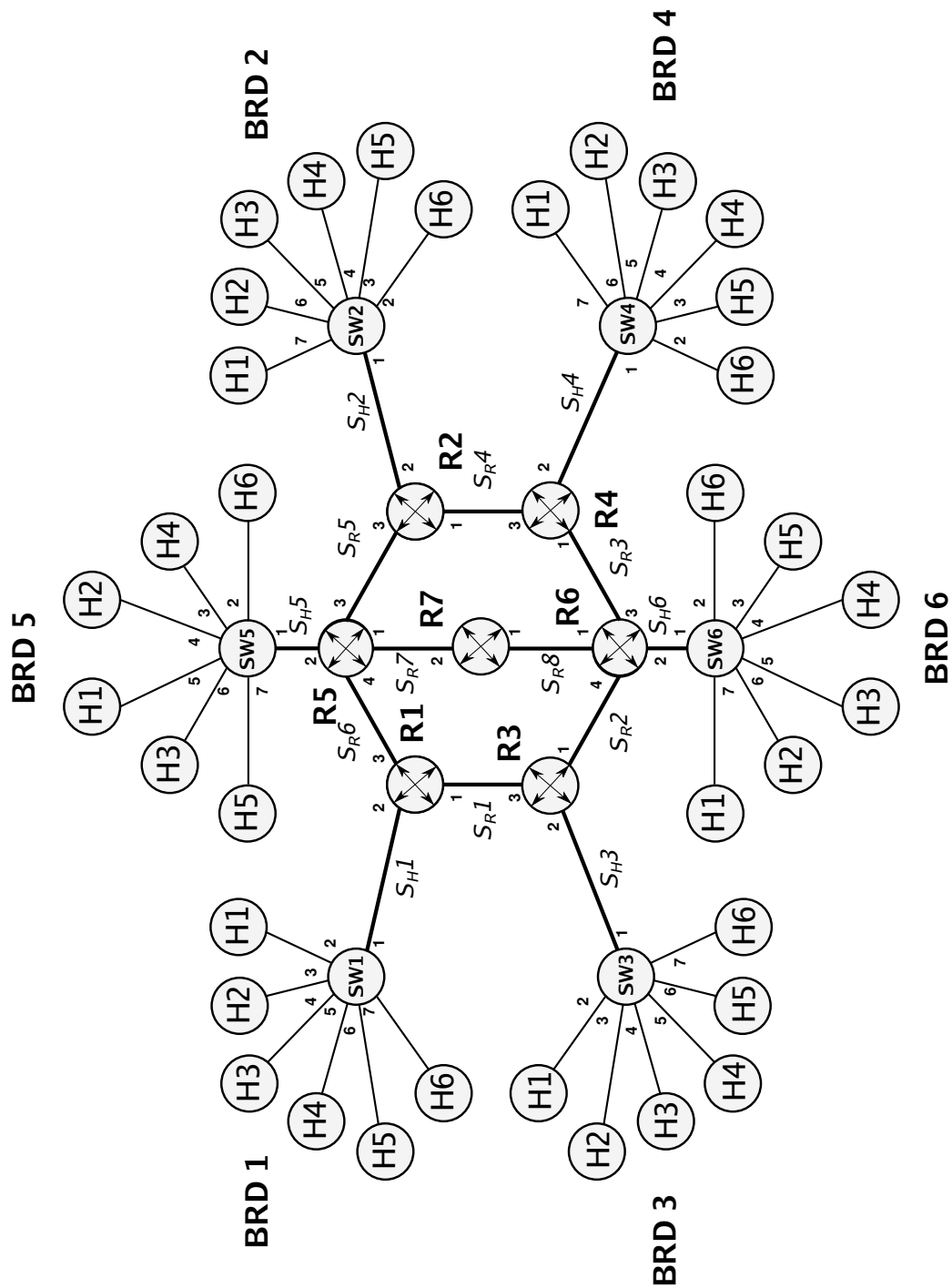


Рис. 3. Расширенный граф сети ЕСПД

5.3. Перечень технических средств

По полученному графу сети ЕСПД можно подсчитать общее количество затрачиваемых технических средств. Для корректного функционирования проектируемой сети необходим следующий набор оборудования:

- 1) 7 маршрутизаторов (5 маршрутизатора с 3 интерфейсами **FastEthernet**, 2 маршрутизатора с 4 интерфейсами **FastEthernet**);
- 2) 6 неуправляемых коммутаторов (8 физических портов на каждом устройстве, полнодуплекс, автосогласование), поддерживающие сеть **FastEthernet** на кабеле **UTP5e**;
- 3) По 1 сетевой карте на каждую рабочую станцию (36 сетевых карт стандарта **FastEthernet**, полнодуплекс, автосогласование);
- 4) Беспроводная точка доступа (**WiFi AP**), поддерживающая стандарты 802.11b/g/n;
- 5) Опорная технология сети **FastEthernet** 100 Мбит/с, тип линий связи между всеми устройствами - неэкранированная витая пара.

5.4. План IP-адресации подсетей рабочих станций S_H

В соответствии с заданием, для адресации подсетей рабочих станций S_H выделено адресное пространство сети 10.10.0.0/16. Данное пространство позволяет выделить порядка 65536 IP-адресов ($32 - 16 = 16$ бит, $2^{16} = 65536$). Выделенная сеть 10.10.0.0/16 использует 2 байта для адресации сети, оставшиеся 2 байта свободны. Запись сети в двоичной нотации будет иметь вид:

$$\begin{aligned} 10.10.0.0 & - 0000\ 1010.0000\ 1010.0000\ 0000.0000\ 0000 \\ 255.255.0.0 & - 1111\ 1111.1111\ 1111.0000\ 0000.0000\ 0000 \end{aligned}$$

По результатам выполнения предыдущих заданий известно, что в каждой подсети рабочих станций S_H располагается 6 узлов. Дополнительно к этому, следует учесть, что каждая подсеть подключается к соответствующему маршрутизатору сети ЕСПД. Т.о. для корректной маршрутизации и обменом информации между узлами подсети требуется 7 IP-адресов на каждую подсеть рабочих станций S_H , из которых 6 IP-адресов назначаются соответствующим рабочим станциям, а один IP-адрес назначается маршрутизатору R , подключенному через указанный интерфейс к данной подсети. Однако, также не следует забывать о необходимости наличия адреса самой подсети и широковещательного адреса.

Для адресации 7 узлов достаточно 3 бит ($2^3 = 8$). Однако, учитывая наличие адреса сети и широковещательного адреса, доступными из данного адресного пространства останутся только 6 IP-адресов, что не допустимо при условиях исходного задания. Следовательно, необходимо использовать 4 бита, которые позволят адресовать 16 узлов ($2^4 = 16$ IP-адресов). Дополнительные адреса можно использовать при расширении подсети или в качестве резерва.

Используя нотацию CIDR и непрерывное выделение блоков IP-подсетей, выделим 6 IP-подсетей с 16 доступными IP-адресами в каждой подсети. Следует помнить, что первые 2 байта сети 10.10.0.0/16 не изменны, а для выделения подсетей можно использовать только последние 2 байта. Применим маску подсети длиной 28 бит ($32 - 4 = 28$ бит для адресации сети, 4 бита для адресации узлов). Запись первой IP-подсети в двоичной нотации будет иметь вид:

10.10.0.0 — 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 0000
255.255.255.240 — 1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 0000

Первый IP-адрес сети будет отличаться только одним младшим битом:

10.10.0.1 — 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 0001

Далее последовательно второй, третий и последующие адреса формируются из 4 младших бит:

10.10.0.2 — 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 0010
10.10.0.3 — 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 0011
10.10.0.4 — 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 0100
10.10.0.5 — 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 0101
10.10.0.6 — 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 0110
10.10.0.7 — 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 0111
10.10.0.8 — 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 1000
... и т. д.

Вплоть до широковещательного адреса сети, в котором все младшие биты равны единице:

10.10.0.15 — 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 1111

Соответственно, следующая IP-подсеть будет иметь адрес 10.10.0.16/28, или в двоичной нотации:

10.10.0.16 — 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 0000
255.255.255.240 — 1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 0000

С пулом IP-адресов соответствующим маске подсети:

10.10.0.17 — 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 0001
 10.10.0.18 — 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 0010
 10.10.0.19 — 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 0011
 10.10.0.20 — 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 0100
 10.10.0.21 — 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 0101
 10.10.0.22 — 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 0110
 10.10.0.23 — 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 0111
 10.10.0.24 — 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 1000
 ... и т. д.

Широковещательный адрес сети 10.10.0.16/28:

10.10.0.31 — 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 1111

Последующие сети находятся аналогичным образом. Наконец, шестая IP-подсеть будет иметь адрес 10.10.0.80/28, или в двоичной нотации:

10.10.0.80 — 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 0000
 255.255.255.240 — 1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 0000

Пул IP-адресов:

10.10.0.81 — 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 0001
 10.10.0.82 — 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 0010
 10.10.0.83 — 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 0011
 10.10.0.84 — 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 0100
 10.10.0.85 — 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 0101
 10.10.0.86 — 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 0110
 10.10.0.87 — 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 0111
 10.10.0.88 — 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 1000
 ... и т. д.

Широковещательный адрес сети 10.10.0.80/28:

10.10.0.95 — 0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 1111

Оставшееся адресное пространство позволяет организовать дополнительный резерв при расширении сети.

Доступный пул IP-адресов в двоичной и десятичной нотации для каждой из 6 подсетей S_H приведен в табл. 2.

Таблица 2: Адресация подсетей рабочих станций S_H

Подсеть S_H	Пул IP-адресов	Двоичная нотация	Назначение
S_{H1}	10.10.0.0/28	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 0000	Адрес подсети
	255.255.255.240	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 0000	Маска подсети
	10.10.0.1	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 0001	R1, интерфейс 2
	10.10.0.2	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 0010	H1
	10.10.0.3	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 0011	H2
	10.10.0.4	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 0100	H3
	10.10.0.5	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 0101	H4
	10.10.0.6	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 0110	H5
	10.10.0.7	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 0111	H6
	10.10.0.8	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 1000	Резерв
.....
S_{H2}	10.10.0.14	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 1110	Резерв
	10.10.0.15	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0000 1111	Широковещательный адрес сети
	10.10.0.16/28	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 0000	Адрес подсети
	255.255.255.240	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 0000	Маска подсети
	10.10.0.17	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 0001	R2, интерфейс 2
	10.10.0.18	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 0010	H1
	10.10.0.19	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 0011	H2
	10.10.0.20	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 0100	H3
	10.10.0.21	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 0101	H4
	10.10.0.22	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 0110	H5
10.10.0.23	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 0111	H6	
10.10.0.24	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 1000	Резерв	
.....
S_{H3}	10.10.0.30	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 1110	Резерв
	10.10.0.31	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0001 1111	Широковещательный адрес сети
	10.10.0.32/28	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0010 0000	Адрес подсети

Таблица 2: Адресация подсетей рабочих станций S_H

Подсеть S_H	Пул IP-адресов	Двоичная нотация	Назначение
	255.255.255.240	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 0000	Маска подсети
	10.10.0.33	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0010 0001	R3, интерфейс 2
	10.10.0.34	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0010 0010	H1
	10.10.0.35	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0010 0011	H2
	10.10.0.36	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0010 0100	H3
	10.10.0.37	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0010 0101	H4
	10.10.0.38	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0010 0110	H5
	10.10.0.39	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0010 0111	H6
	10.10.0.40	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0010 1000	Резерв

	10.10.0.46	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0010 1110	Резерв
	10.10.0.47	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0010 1111	Широковещательный адрес сети
	10.10.0.48/28	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0011 0000	Адрес подсети
	255.255.255.240	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 0000	Маска подсети
S_{H4}	10.10.0.49	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0011 0001	R4, интерфейс 2
	10.10.0.50	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0011 0010	H1
	10.10.0.51	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0011 0011	H2
	10.10.0.52	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0011 0100	H3
	10.10.0.53	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0011 0101	H4
	10.10.0.54	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0011 0110	H5
	10.10.0.55	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0011 0111	H6
	10.10.0.56	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0011 1000	Резерв

	10.10.0.62	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0011 1110	Резерв
	10.10.0.63	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0011 1111	Широковещательный адрес сети
	10.10.0.64/28	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0100 0000	Адрес подсети
	255.255.255.240	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 0000	Маска подсети
	S_{H5}		

Таблица 2: Адресация подсетей рабочих станций S_H

Подсеть S_H	Пул IP-адресов	Двоичная нотация	Назначение
S_{H6}	10.10.0.65	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0100 0001	R5, интерфейс 2
	10.10.0.66	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0100 0010	H1
	10.10.0.67	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0100 0011	H2
	10.10.0.68	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0100 0100	H3
	10.10.0.69	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0100 0101	H4
	10.10.0.70	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0100 0110	H5
	10.10.0.71	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0100 0111	H6
	10.10.0.72	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0100 1000	Резерв

	10.10.0.78	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0100 1110	Резерв
	10.10.0.79	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0100 1111	Широковещательный адрес сети
	10.10.0.80/28	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 0000	Адрес подсети
	255.255.255.240	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 0000	Маска подсети
	10.10.0.81	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 0001	R6, интерфейс 2
	10.10.0.82	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 0010	H1
	10.10.0.83	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 0011	H2
	10.10.0.84	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 0100	H3
10.10.0.85	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 0101	H4	
10.10.0.86	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 0110	H5	
10.10.0.87	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 0111	H6	
10.10.0.88	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 1000	Резерв	
.....	
10.10.0.94	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 1110	Резерв	
10.10.0.95	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0101 1111	Широковещательный адрес сети	

5.5. План IP-адресации подсетей маршрутизаторов S_R

Рассуждая таким же образом, как и при решении задания в предыдущем пункте составим план адресации для подсетей маршрутизаторов S_R .

В соответствии с заданием, для адресации подсетей S_R выделено адресное пространство сети 172.17.117.0/24. Данное пространство позволяет выделить порядка 256 IP-адресов ($32 - 24 = 8$ бит, $2^8 = 256$). Сеть 172.17.117.0/24 использует 3 байта для адресации сети, последний байт свободен. Запись сети в двоичной нотации будет иметь вид:

$$\begin{aligned} 172.17.117.0 & - 1010\ 1100.0001\ 0001.0111\ 0101.0000\ 0000 \\ 255.255.255.0 & - 1111\ 1111.1111\ 1111.1111\ 1111.0000\ 0000 \end{aligned}$$

По расширенному графу сети ЕСПД известно, что маршрутизация пакетов между любыми подсетями обеспечивается при наличии 6 IP-подсетей. Используя маршрутизатор $R7$, можно организовать набор резервных связей между подсетями рабочих станций и подсетями маршрутизаторов сети ЕСПД. Учитывая данное предложение используем 8 подсетей маршрутизаторов.

Каждая подсеть маршрутизаторов S_R объединяет 2 маршрутизатора. Для адресации 2 маршрутизаторов в каждой подсети S_R достаточно 1 бита ($2^1 = 2$). Однако, учитывая наличие адреса сети и широковещательного адреса, узлы останутся неадресуемыми. Следовательно, необходимо использовать 2 бита, которые позволят адресовать 4 адреса ($2^2 = 4$ IP-адресов).

Используя нотацию CIDR и непрерывное выделение блоков IP-подсетей, выделим 8 IP-подсетей с 4 доступными IP-адресами в каждой подсети. Напомним, что первые 3 байта сети 172.17.117.0/24 не изменны, а для выделения подсетей можно использовать только последний байт. Применим маску подсети длиной 30 бит ($32 - 2 = 30$ бит для адресации сети, 2 бита для адресации маршрутизаторов). Запись первой IP-подсети в двоичной нотации будет иметь вид:

$$\begin{aligned} 172.17.117.0 & - 1010\ 1100.0001\ 0001.0111\ 0101.0000\ 0000 \\ 255.255.255.252 & - 1111\ 1111.1111\ 1111.1111\ 1111.1111\ 1100 \end{aligned}$$

В соответствии с маской, сеть имеет следующие IP-адреса (изменяются два младших бита):

$$\begin{aligned} 172.17.117.1 & - 1010\ 1100.0001\ 0001.0111\ 0101.0000\ 0001 \\ 172.17.117.2 & - 1010\ 1100.0001\ 0001.0111\ 0101.0000\ 0010 \end{aligned}$$

Широковещательный адрес сети 172.17.117.0/30

$$172.17.117.3 - 1010\ 1100.0001\ 0001.0111\ 0101.0000\ 0011$$

Следующая IP-подсеть будет иметь адрес 172.17.117.4/30, или в двоичной нотации:

$$\begin{aligned} 172.17.117.4 & - 1010\ 1100.0001\ 0001.0111\ 0101.0000\ 0100 \\ 255.255.255.252 & - 1111\ 1111.1111\ 1111.1111\ 1111.1111\ 1100 \end{aligned}$$

172.17.117.5 — 1010 1100.0001 0001.0111 0101.0000 0101

172.17.117.6 — 1010 1100.0001 0001.0111 0101.0000 0110

Широковещательный адрес сети 172.17.117.4/30

172.17.117.3 — 1010 1100.0001 0001.0111 0101.0000 0111

И т. д.

Последующие сети находятся аналогичным образом. Наконец, восьмая IP-подсеть будет иметь адрес 172.17.117.28/30, или в двоичной нотации:

172.17.117.28 — 1010 1100.0001 0001.0111 0101.0001 1100

255.255.255.252 — 1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 1100

Пул IP-адресов:

172.17.117.29 — 1010 1100.0001 0001.0111 0101.0001 1101

172.17.117.30 — 1010 1100.0001 0001.0111 0101.0001 1110

Широковещательный адрес сети 172.17.117.28/30

172.17.117.31 — 1010 1100.0001 0001.0111 0101.0001 1111

Доступный пул IP-адресов в двоичной и десятичной нотации для каждой из 8 подсетей S_R приведен в табл.3.

Таблица 3: Адресация подсетей маршрутизаторов S_R

Подсеть S_R	Пул IP-адресов	Двоичная нотация	Назначение
S_{R1}	172.17.117.0/30	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0000 00 00	Адрес подсети
	255.255.255.252	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 11 00	Маска подсети
	172.17.117.1	1010 1100.0001 0001.0111 0101.0000 00 01	R1, интерфейс 1
	172.17.117.2	1010 1100.0001 0001.0111 0101.0000 00 10	R3, интерфейс 3
S_{R2}	172.17.117.3	1010 1100.0001 0001.0111 0101.0000 00 11	Широковещательный адрес сети
	172.17.117.4/30	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0000 01 00	Адрес подсети
	255.255.255.252	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 11 00	Маска подсети
	172.17.117.5	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0000 01 01	R3, интерфейс 1
	172.17.117.6	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0000 01 10	R6, интерфейс 4
	172.17.117.7	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0000 01 11	Широковещательный адрес сети
S_{R3}	172.17.117.8/30	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0000 10 00	Адрес подсети
	255.255.255.252	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 11 00	Маска подсети
	172.17.117.9	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0000 10 01	R6, интерфейс 3
	172.17.117.10	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0000 10 10	R4, интерфейс 1
S_{R4}	172.17.117.11	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0000 10 11	Широковещательный адрес сети
	172.17.117.12/30	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0000 11 00	Адрес подсети
	255.255.255.252	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 11 00	Маска подсети
	172.17.117.13	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0000 11 01	R4, интерфейс 3
	172.17.117.14	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0000 11 10	R2, интерфейс 1
	172.17.117.15	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0000 11 11	Широковещательный адрес сети
S_{R5}	172.17.117.16/30	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0001 00 00	Адрес подсети
	255.255.255.252	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 11 00	Маска подсети
	172.17.117.17	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0001 00 01	R2, интерфейс 3
	172.17.117.18	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0001 00 10	R5, интерфейс 3
S_{R6}	172.17.117.19	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0001 00 11	Широковещательный адрес сети
	172.17.117.20/30	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0001 01 00	Адрес подсети
	255.255.255.252	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 11 00	Маска подсети

Таблица 3: Адресация подсетей маршрутизаторов S_R

Подсеть S_R	Пул IP-адресов	Двоичная нотация	Назначение
	172.17.117.21	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0001 01 01	R5, интерфейс 4
	172.17.117.22	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0001 01 10	R1, интерфейс 3
	172.17.117.23	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0001 01 11	Широковещательный адрес сети
S_{R7}	172.17.117.24/30	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0001 10 00	Адрес подсети
	255.255.255.252	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 11 00	Маска подсети
	172.17.117.25	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0001 10 01	R5, интерфейс 1
	172.17.117.26	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0001 10 10	R7, интерфейс 2
	172.17.117.27	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0001 10 11	Широковещательный адрес сети
S_{R8}	172.17.117.28/30	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0001 11 00	Адрес подсети
	255.255.255.252	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1111 11 00	Маска подсети
	172.17.117.29	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0001 11 01	R7, интерфейс 1
	172.17.117.30	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0001 11 10	R6, интерфейс 1
	172.17.117.31	1011 1100.0001 0001.0111 0101.0001 11 11	Широковещательный адрес сети

5.6. Таблицы маршрутизации сети ЕСПД

Выполнив задачи адресации подсетей и имея схему графа сети, можно приступить к наполнению таблиц маршрутизации маршрутизаторов R сети ЕСПД. Таблицы маршрутизации наполняются статическими записями. Записи таблицы маршрутизации должны удовлетворять условию возможности связи любого узла любой подсети с любым узлом любой иной подсети.

В качестве метрики расстояния используется число промежуточных узлов от узла отправления до узла назначения. Таблицы маршрутизации сети ЕСПД приведены в табл.4.

Таблица 4: Информация о маршрутах узлов в подсетях

Маршрутизатор	Сеть назначения/маска	Шлюз	Метрика
R1	172.17.117.20/255.255.255.252	Прямое подключение	-
	172.17.117.0/255.255.255.252	Прямое подключение	-
	172.17.117.8/255.255.255.252	172.17.117.2	2
	172.17.117.4/255.255.255.252	172.17.117.2	1
	172.17.117.12/255.255.255.252	172.17.117.21	2
	172.17.117.16/255.255.255.252	172.17.117.21	1
	172.17.117.16/255.255.255.252	172.17.117.2	2
	172.17.117.24/255.255.255.252	172.17.117.21	2
	10.10.0.0/255.255.255.240	Прямое подключение	-
	10.10.0.16/255.255.255.240	172.17.117.21	2
	10.10.0.32/255.255.255.240	172.17.117.2	1
	10.10.0.48/255.255.255.240	172.17.117.21	3
	10.10.0.48/255.255.255.240	172.17.117.2	3
	10.10.0.64/255.255.255.240	172.17.117.21	1
	10.10.0.80/255.255.255.240	172.17.117.2	2
R2	172.17.117.12/255.255.255.252	Прямое подключение	-
	172.17.117.16/255.255.255.252	Прямое подключение	-
	172.17.117.8/255.255.255.252	172.17.117.13	1
	172.17.117.0/255.255.255.252	172.17.117.18	2
	172.17.117.4/255.255.255.252	172.17.117.13	2
	172.17.117.24/255.255.255.252	172.17.117.18	1
	172.17.117.28/255.255.255.252	172.17.117.18	2
	172.17.117.28/255.255.255.252	172.17.117.13	2
	172.17.117.20/255.255.255.252	172.17.117.18	1
	10.10.0.16/255.255.255.240	Прямое подключение	-
	10.10.0.0/255.255.255.240	172.17.117.18	2
	10.10.0.32/255.255.255.240	172.17.117.18	3
	10.10.0.32/255.255.255.240	172.17.117.13	3

Таблица 4: Информация о маршрутах узлов в подсе-
тях

Маршрутизатор	Сеть назначения/маска	Шлюз	Метрика
	10.10.0.48/255.255.255.240	172.17.117.13	3
	10.10.0.64/255.255.255.240	172.17.117.18	1
	10.10.0.80/255.255.255.240	172.17.117.13	2
R3	172.17.117.0/255.255.255.252	Прямое подключение	-
	172.17.117.4/255.255.255.252	Прямое подключение	-
	172.17.117.8/255.255.255.252	172.17.117.6	1
	172.17.117.12/255.255.255.252	172.17.117.6	2
	172.17.117.24/255.255.255.252	172.17.117.6	2
	172.17.117.24/255.255.255.252	172.17.117.1	2
	172.17.117.28/255.255.255.252	172.17.117.6	1
	172.17.117.16/255.255.255.252	172.17.117.1	2
	172.17.117.20/255.255.255.252	172.17.117.1	1
	10.10.0.32/255.255.255.240	Прямое подключение	-
	10.10.0.0/255.255.255.240	172.17.117.1	1
	10.10.0.16/255.255.255.240	172.17.117.6	3
	10.10.0.16/255.255.255.240	172.17.117.1	3
	10.10.0.48/255.255.255.240	172.17.117.6	2
	10.10.0.64/255.255.255.240	172.17.117.1	2
	10.10.0.80/255.255.255.240	172.17.117.6	1
R4	172.17.117.8/255.255.255.252	Прямое подключение	-
	172.17.117.12/255.255.255.252	Прямое подключение	-
	172.17.117.0/255.255.255.252	172.17.117.9	2
	172.17.117.4/255.255.255.252	172.17.117.9	1
	172.17.117.24/255.255.255.252	172.17.117.14	2
	172.17.117.24/255.255.255.252	172.17.117.9	2
	172.17.117.28/255.255.255.252	172.17.117.9	1
	172.17.117.16/255.255.255.252	172.17.117.14	1
	172.17.117.20/255.255.255.252	172.17.117.14	2
	10.10.0.48/255.255.255.240	Прямое подключение	-
	10.10.0.0/255.255.255.240	172.17.117.14	3
	10.10.0.0/255.255.255.240	172.17.117.9	3
	10.10.0.16/255.255.255.240	172.17.117.14	1
	10.10.0.32/255.255.255.240	172.17.117.9	2
	10.10.0.64/255.255.255.240	172.17.117.14	2
	10.10.0.80/255.255.255.240	172.17.117.9	1
R5	172.17.117.16/255.255.255.252	Прямое подключение	-
	172.17.117.20/255.255.255.252	Прямое подключение	-

Таблица 4: Информация о маршрутах узлов в подсе-
тях

Маршрутизатор	Сеть назначения/маска	Шлюз	Метрика
	172.17.117.24/255.255.255.252	Прямое подключение	-
	172.17.117.8/255.255.255.252	172.17.117.26	2
	172.17.117.8/255.255.255.252	172.17.117.17	2
	172.17.117.12/255.255.255.252	172.17.117.17	1
	172.17.117.0/255.255.255.252	172.17.117.22	1
	172.17.117.4/255.255.255.252	172.17.117.26	2
	172.17.117.4/255.255.255.252	172.17.117.22	2
	172.17.117.28/255.255.255.252	172.17.117.26	1
	10.10.0.64/255.255.255.240	Прямое подключение	-
	10.10.0.0/255.255.255.240	172.17.117.22	1
	10.10.0.16/255.255.255.240	172.17.117.17	1
	10.10.0.32/255.255.255.240	172.17.117.22	2
	10.10.0.48/255.255.255.240	172.17.117.17	2
	10.10.0.80/255.255.255.240	172.17.117.26	2
	R6	172.17.117.4/255.255.255.252	Прямое подключение
172.17.117.8/255.255.255.252		Прямое подключение	-
172.17.117.28/255.255.255.252		Прямое подключение	-
172.17.117.12/255.255.255.252		172.17.117.10	1
172.17.117.0/255.255.255.252		172.17.117.5	1
172.17.117.24/255.255.255.252		172.17.117.29	1
172.17.117.16/255.255.255.252		172.17.117.29	2
172.17.117.16/255.255.255.252		172.17.117.10	2
172.17.117.20/255.255.255.252		172.17.117.29	2
172.17.117.20/255.255.255.252		172.17.117.5	2
10.10.0.80/255.255.255.240		Прямое подключение	-
10.10.0.0/255.255.255.240		172.17.117.5	2
10.10.0.16/255.255.255.240		172.17.117.10	2
10.10.0.32/255.255.255.240		172.17.117.5	1
10.10.0.48/255.255.255.240		172.17.117.10	1
10.10.0.64/255.255.255.240	172.17.117.29	2	
R7	172.17.117.24/255.255.255.252	Прямое подключение	-
	172.17.117.28/255.255.255.252	Прямое подключение	-
	172.17.117.8/255.255.255.252	172.17.117.30	1
	172.17.117.12/255.255.255.252	172.17.117.30	2
	172.17.117.12/255.255.255.252	172.17.117.25	2
	172.17.117.0/255.255.255.252	172.17.117.30	2
	172.17.117.0/255.255.255.252	172.17.117.25	2

Таблица 4: Информация о маршрутах узлов в подсетях

Маршрутизатор	Сеть назначения/маска	Шлюз	Метрика
	172.17.117.4/255.255.255.252	172.17.117.30	1
	172.17.117.16/255.255.255.252	172.17.117.25	1
	172.17.117.20/255.255.255.252	172.17.117.25	1
	10.10.0.0/255.255.255.240	172.17.117.25	2
	10.10.0.16/255.255.255.240	172.17.117.25	2
	10.10.0.32/255.255.255.240	172.17.117.30	2
	10.10.0.48/255.255.255.240	172.17.117.30	2
	10.10.0.64/255.255.255.240	172.17.117.25	1
	10.10.0.80/255.255.255.240	172.17.117.30	1

5.7. Решение задачи о маршрутизации пакета

В качестве исходных данных для решения данной задачи выберем узел отправителя $H2$ с IP-адресом 10.10.0.19, из подсети S_{H2} — 10.10.0.16/28. Узлом назначения произвольно назначим рабочую станцию $H1$ с IP-адресом 10.10.0.50 из подсети S_{H4} — 10.10.0.48/28.

В соответствии с заданием покажем, что сетью отправителя действительно является указанная сеть S_{H2} , произведя умножение IP-адреса отправителя и маски подсети отправителя:

$$\begin{aligned}
 10.10.0.19 &— 0000\ 1010.0000\ 1010.0000\ 0000.0001\ 0011 \\
 255.255.255.240 &— 1111\ 1111.1111\ 1111.1111\ 1111.1111\ 0000 \\
 10.10.0.16 &— 0000\ 1010.0000\ 1010.0000\ 0000.0001\ 0000
 \end{aligned}$$

Действительно IP-адрес принадлежит указанной сети.

Наложим маску подсети на IP-адрес отправителя и проверим не принадлежит ли этот IP-адрес той же сети:

$$\begin{aligned}
 10.10.0.50 &— 0000\ 1010.0000\ 1010.0000\ 0000.0011\ 0010 \\
 255.255.255.240 &— 1111\ 1111.1111\ 1111.1111\ 1111.1111\ 0000 \\
 10.10.0.48 &— 0000\ 1010.0000\ 1010.0000\ 0000.0011\ 0000
 \end{aligned}$$

IP-адрес получателя принадлежит другой сети. Т. о. подсеть отправителя и подсеть получателя не совпадают, следовательно необходимо маршрутизировать пакет.

5.8. Решение задачи отображения адресов на сетевом и канальном уровнях

В соответствии с условиями задания, выберем две произвольные подсети рабочих станций, узлы которых участвуют в обмене информацией. В качестве исходных подсетей ис-

пользуем подсети S_{H1} и S_{H3} . Они в полной степени соответствуют условию, согласно которому подсети должны быть расположены на расстоянии, разделенном двумя маршрутизаторами R .

Для выбранных подсетей создадим таблицу, содержащую сведения о портах коммутатора SW и физических (канальных) адресах узлов каждой отдельной подсети. Канальные адреса имеют произвольные значения. Однако необходимо учитывать размер MAC-адреса сети Ethernet (6 байт). Перечень узлов выбранных подсетей приведен в таб.5.

Таблица 5: MAC-адреса узлов подсетей рабочих станций S_{H1} и S_{H3}

Подсеть S_H	Коммутатор SW	Порт	Адрес канального уровня	Узел
S_{H1}	$SW1$	1	01:21:23:A3:5B:11	R1
		2	01:AA:B2:56:C1:12	H1
		3	01:AC:C4:87:AA:13	H2
		4	01:EF:02:2E:00:14	H3
		5	01:D2:45:12:01:15	H4
		6	01:C1:11:09:D6:16	H5
		7	01:14:FF:05:B2:17	H6
		8	00:00:00:00:00:00	Резерв
S_{H3}	$SW3$	1	03:12:32:3A:B5:31	R3
		2	03:AA:2B:65:1C:32	H1
		3	03:CA:4C:78:AA:33	H2
		4	03:FE:20:E2:00:34	H3
		5	03:2D:54:21:10:35	H4
		6	03:1C:11:90:6D:36	H5
		7	03:41:FF:50:2B:37	H6
		8	00:00:00:00:00:00	Резерв

Заполнив таблицу с исходными данными можно приступить к последовательному выполнению заданий.

5.8.1. Локальный сегмент

Первая часть задания состоит в рассмотрении сценария, согласно которому выполняется разрешение адресов сетевого уровня на адреса канального уровня узлов, расположенных в одной подсети. Узлы выбираются произвольно.

Заполним поля двух псевдозаголовков фрейма канального уровня при разрешении IP-адреса на соответствующий MAC-адрес рабочей станции $H6$ (узел назначения) в подсети S_{H1} . Запрос на разрешение выполняет рабочая станция $H3$ (узел отправления).

Исходя из ранее выполненных заданий известно, что IP-адрес узла $H6$ в подсети S_{H1} равен 10.10.0.7, искомым MAC-адрес рабочей станции (в соответствии с табл.5) равен

01:14:FF:05:B2:17. IP-адрес узла $H3$ в подсети S_{H1} равен 10.10.0.4, MAC-адрес рабочей станции равен 01:EF:02:2E:00:14. Запрос протокола ARP в пределах подсети выполняется широковещательной рассылкой фреймов Ethernet. Заполненный фрейм запроса представлен на рис.4.

0			5			11			15		
FF:FF:FF:FF:FF:FF						01:EF:02:2E:00:14			ETHTYPE	HWTYPE	
PTYPE	HLEN	PLEN	1			01:EF:02:2E:00:14			10.10.0.4		
00:00:00:00:00:00						10.10.0.7					

Рис. 4. Псевдозаголовок Ethernet и ARP при выполнении запроса MAC-адреса рабочей станции $H6$

Ответ рабочей станции $H6$ будет содержать фрейм Ethernet с данными протокола ARP, отправляемый непосредственно узлу $H3$. Заполненный фрейм ответа узла $H6$ вместе с псевдозаголовком Ethernet представлен на рис.5.

0			5			11			15		
01:EF:02:2E:00:14						01:14:FF:05:B2:17			ETHTYPE	HWTYPE	
PTYPE	HLEN	PLEN	2			01:14:FF:05:B2:17			10.10.0.7		
01:EF:02:2E:00:14						10.10.0.4					

Рис. 5. Псевдозаголовок Ethernet и ARP при выполнении ответа рабочей станции $H6$ узлу $H3$

В заключении, нанесем графические элементы, изображающие передачу фреймов между узлами $H3$ (отправитель) и $H6$ (получатель) в подсети S_{H1} на граф сегмента сети ЕСПД. Полученные изображения приведены на рис.6.

5.8.2. Удаленные сегменты

Вторая часть задания состоит в рассмотрении сценария, согласно которому выполняется передача фреймов Ethernet между узлами, расположенными в удаленных подсетях. Как и в предыдущем пункте, узлы выбираются произвольно.

Узлом-отправителем назначена рабочая станция $H2$ из подсети S_{H1} (IP-адрес 10.10.0.3, MAC-адрес 01:AC:C4:87:AA:13), узлом-получателем назначена рабочая станция $H5$ из подсети S_{H3} (IP-адрес 10.10.0.38, MAC-адрес 03:1C:11:90:6D:36). По данным табл.1 маршрутизатор $R1$ имеет физический адрес 01:21:23:A3:5B:11, маршрутизатор $R3$ имеет канальный адрес 03:12:32:3A:B5:31.

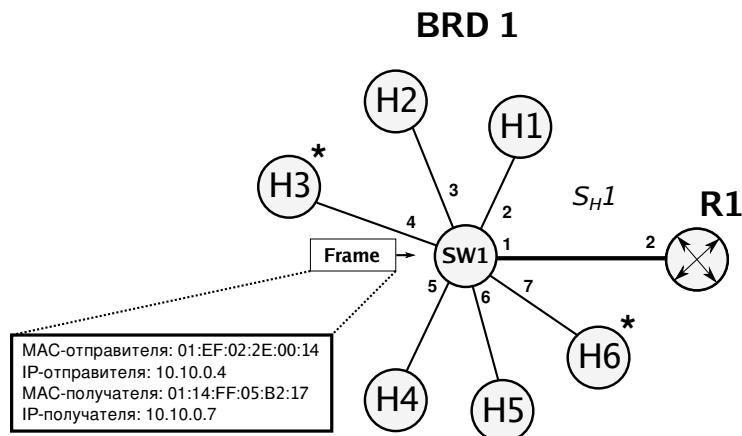


Рис. 6. Передача фреймов от узла $H3$ узлу $H6$ в пределах подсети S_{H1}

По исходным условиям задания, необходимости в заполнении полей фреймов **Ethernet** и псевдозаголовка протокола **ARP** нет, т.к. выполняемые процедуры разрешения адреса сетевого уровня на адрес канального уровня будут аналогичны процедурам, выполняемым при отображении адресов узлов, размещенных в одной подсети, с разницей в том, что вместо MAC-адреса узла получателя в соответствующем сегменте сети будет использоваться MAC-адрес маршрутизатора $R1$ (в случае передачи пакетов от узла $H2$ из подсети S_{H1} узлу $H5$ из подсети S_{H3}) или MAC-адрес маршрутизатора $R3$ (в случае передачи пакетов от узла $H5$ из подсети S_{H3} узлу $H2$ из подсети S_{H1}). Т.о. на каждом сегменте сети в заголовках фреймов **Ethernet** будут изменяться адреса канального уровня (MAC-адреса) отправителя и получателя. Адреса сетевого уровня узлов отправителя и получателя подвергаться изменениям не будут. На рис.7 приведен сегмент сети ЕСПД и изображена передача фреймов канального уровня с соответствующим содержанием заголовков (MAC, IP-адрес отправителя и MAC, IP-адрес получателя) от узла $H2$ из подсети S_{H1} узлу $H5$ из подсети S_{H3} .

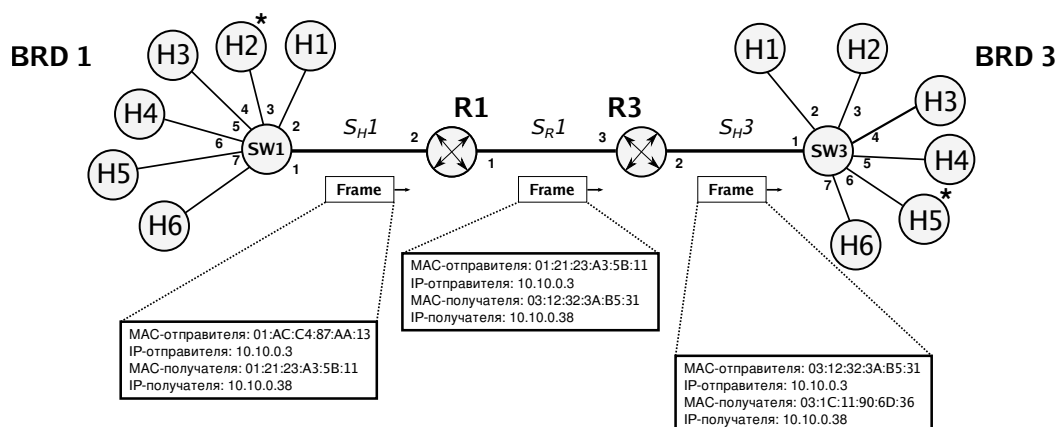


Рис. 7. Передача фреймов канального уровня от узла $H2$ из подсети S_{H1} узлу $H5$ из подсети S_{H3}

5.9. Организация беспроводного доступа к компьютерной сети передачи данных

Для обеспечения беспроводного доступа к информационно-вычислительным ресурсам проектируемой сети, необходимо подключить беспроводную точку доступа, организующую мост между проводной сетью Ethernet и беспроводной зоной WiFi. При проектировании сети, изображенной на рис.3, были использованы 8-портовые коммутаторы FastEthernet, на каждом из которых один физический порт зарезервирован для расширения. Т. о. подключение точки доступа возможно произвести к любому коммутатору SW_i сети. В таком случае, беспроводные станции могут использовать резервные IP-адреса из каждого диапазона (см.табл.2). Предложенное решение достаточно просто при реализации, однако имеет ряд существенных недостатков: ограниченное адресное пространство, сложность контроля доступа беспроводных клиентов, смешение сетевого трафика от доверенных станций и временных клиентов. По указанным причинам, рассмотрим другой вариант структуризации сети беспроводного доступа.

Учитывая территориальное расположение объектов сети и степень концентрации беспроводных станций в центральной области, наиболее целесообразным представляется подключение точки доступа к отдельному интерфейсу (3) маршрутизатора R7.

Исходя из расчетов проведенных в разделах 5.4 и 5.5, адресное пространство проектируемой сети имеет достаточную глубину, для выделения отдельной IP-подсети, предназначенной для организации доступа беспроводных клиентов. Предполагая наличие одновременно не более 20 беспроводных клиентов в зоне доступа возможно рассчитать диапазон выделяемого адресного пространства.

В соответствии с расчетными данными из раздела 5.4, для создания неперекрываемого адресного пространства можно использовать диапазон адресов начиная с 10.10.0.96. Для адресации 20 клиентов необходимо использовать 5 бит ($2^5 = 32$). Полученное пространство обеспечит возможность адресовать 28 беспроводных станций, учитывая расход на служебные адреса: IP-адрес интерфейса маршрутизатора, адрес точки доступа, адрес сети и широковещательный адрес. Табл.6 содержит план адресации для беспроводного сегмента.

Таблица 6: Адресация беспроводного сегмента сети

Пул IP-адресов	Двоичная нотация	Назначение
10.10.0.96/27	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0110 0000	Адрес подсети
255.255.255.224	1111 1111.1111 1111.1111 1111.1110 0000	Маска подсети
10.10.0.97	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0110 0001	R7, интерфейс 3
10.10.0.98	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0110 0010	Точка доступа
10.10.0.99	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0110 0011	Беспроводной клиент 1
10.10.0.100	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0110 0100	Беспроводной клиент 2
10.10.0.101	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0110 0101	Беспроводной клиент 3
10.10.0.102	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0110 0110	Беспроводной клиент 4

Таблица 6: Адресация беспроводного сегмента сети

Пул IP-адресов	Двоичная нотация	Назначение
10.10.0.103	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0110 0111	Беспроводной клиент 5
10.10.0.104	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0110 1000	Беспроводной клиент 6
10.10.0.105	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0110 1001	Беспроводной клиент 7
10.10.0.106	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0110 1010	Беспроводной клиент 8
10.10.0.107	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0110 1011	Беспроводной клиент 9
10.10.0.108	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0110 1100	Беспроводной клиент 10
10.10.0.109	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0110 1101	Беспроводной клиент 11
10.10.0.110	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0110 1110	Беспроводной клиент 12
10.10.0.111	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0110 1111	Беспроводной клиент 13
10.10.0.112	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0111 0000	Беспроводной клиент 14
10.10.0.113	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0111 0001	Беспроводной клиент 15
10.10.0.114	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0111 0010	Беспроводной клиент 16
10.10.0.115	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0111 0011	Беспроводной клиент 17
10.10.0.116	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0111 0100	Беспроводной клиент 18
10.10.0.117	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0111 0101	Беспроводной клиент 19
10.10.0.118	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0111 0110	Беспроводной клиент 20
10.10.0.119	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0111 0111	Резерв
10.10.0.120	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0111 1000	Резерв
10.10.0.121	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0111 1001	Резерв
10.10.0.122	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0111 1010	Резерв
10.10.0.123	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0111 1011	Резерв
10.10.0.124	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0111 1100	Резерв
10.10.0.125	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0111 1101	Резерв
10.10.0.126	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0111 1110	Резерв
10.10.0.127	0000 1010.0000 1010.0000 0000.0111 1111	Широковещательный адрес

Для корректной маршрутизации пакетов между проводными и беспроводным сегментом сети необходимо внести ряд изменений. В таблицу маршрутизации каждого маршрутизатора сети необходимо добавить маршрут до сети 10.10.0.96/27 через шлюз $R7$ (172.17.117.25 или 172.17.117.29). На беспроводных станциях необходимо указать шлюз по-умолчанию $R7$ — 10.10.0.97.

В соответствии с заданием раздела 1.9 в табл.7 сведены основные данные конфигурации беспроводной точки доступа: идентификатор беспроводной сети, используемый частотный диапазон, способ шифрования, секретная фраза и т. д.

Таблица 7: Конфигурация беспроводной точки доступа

Параметр	Значение
Место включения	<i>R7</i> , интерфейс 3
IP-адрес	10.10.0.98
Адресное пространство	10.10.0.96/27
MAC-адрес точки доступа	BF:CC:1A:1E:AA:09
Поддерж. стандарты	802.11b/g/n, 2.4, 2.5, 5 GHz
Аутентификация	WPA-PSK
SSID	EKSPD

5.10. Вывод по результатам выполнения заданий курсовой работы

В результате выполнения курсовой работы по проектированию единой компьютерной сети передачи данных были решены следующие задачи.

Выполнено планирование и распределение выделенных подсетей рабочих станций, построен граф расширенной сети ЕКСПД, создан план IP-адресации подсетей рабочих станций и план IP-адресации подсетей маршрутизаторов. Выделен и обоснован перечень требуемых технических средств для реализации корректной работы сети ЕКСПД. Решена задача отображения адресов сетевого уровня на адрес канального уровня для различных сценариев местонахождения телекоммуникационных узлов.

Т. о. разработанная в рамках курсовой работы компьютерная сеть передачи данных может использоваться в качестве предварительного плана при построении аналогичных сетей передачи данных на практике, с применением современного оборудования. Опыт и знания, полученные в результате проектирования компьютерной сети ЕКСПД позволят избежать возможных ошибок и произвести оптимизацию качества реального проекта на предварительном этапе проектирования.

6. Литература

- [1] Фильчагин А. Ю. IP-маршрутизация в операционной системе Windows. Учебное пособие.
http://opds.sut.ru/old/electronic_manuals/ip_rout/up.doc
- [2] Фильчагин А. Ю. Задание к курсовой работе по курсу «Компьютерные сети передачи данных» и справочные сведения для выполнения работы.
http://opds.sut.ru/old/electronic_manuals/ip_rout/zad.doc
- [3] Аверьянов Е. Г. Курсовая работа «Разработка сети доступа с применением современного телекоммуникационного оборудования». Спб.: Военная Академия Связи, 2011.
- [4] Крейг Х. TCP/IP. Сетевое администрирование, 3-е издание. Спб.: Символ-Плюс, 2004.
- [5] Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для Вузов. 3-е издание. Спб.: Питер, 2008.
- [6] Боттс Т., Доусон Т., Перди Г. Н. Linux. Руководство администратора сети. 3-е издание. М.: Кудиц-Пресс, 2006.
- [7] Хилл Б. Полный справочник по Cisco. М.: Издательский дом Вильямс, 2008.
- [8] Бони Дж. Руководство по Cisco IOS. Спб.: Питер, М.: Издательство Русская Редакция, 2008.
- [9] Пакет К. Создание сетей удаленного доступа Cisco. М.: Издательский дом Вильямс, 2003.
- [10] Вейрле К., Пэльеке Ф., Риттер Х, Мюллер Д., Бехлер М. Linux сетевая архитектура. Структура и реализация сетевых протоколов в ядре. М.: Кудиц-Образ, 2006.

7. Варианты исходного графа сети

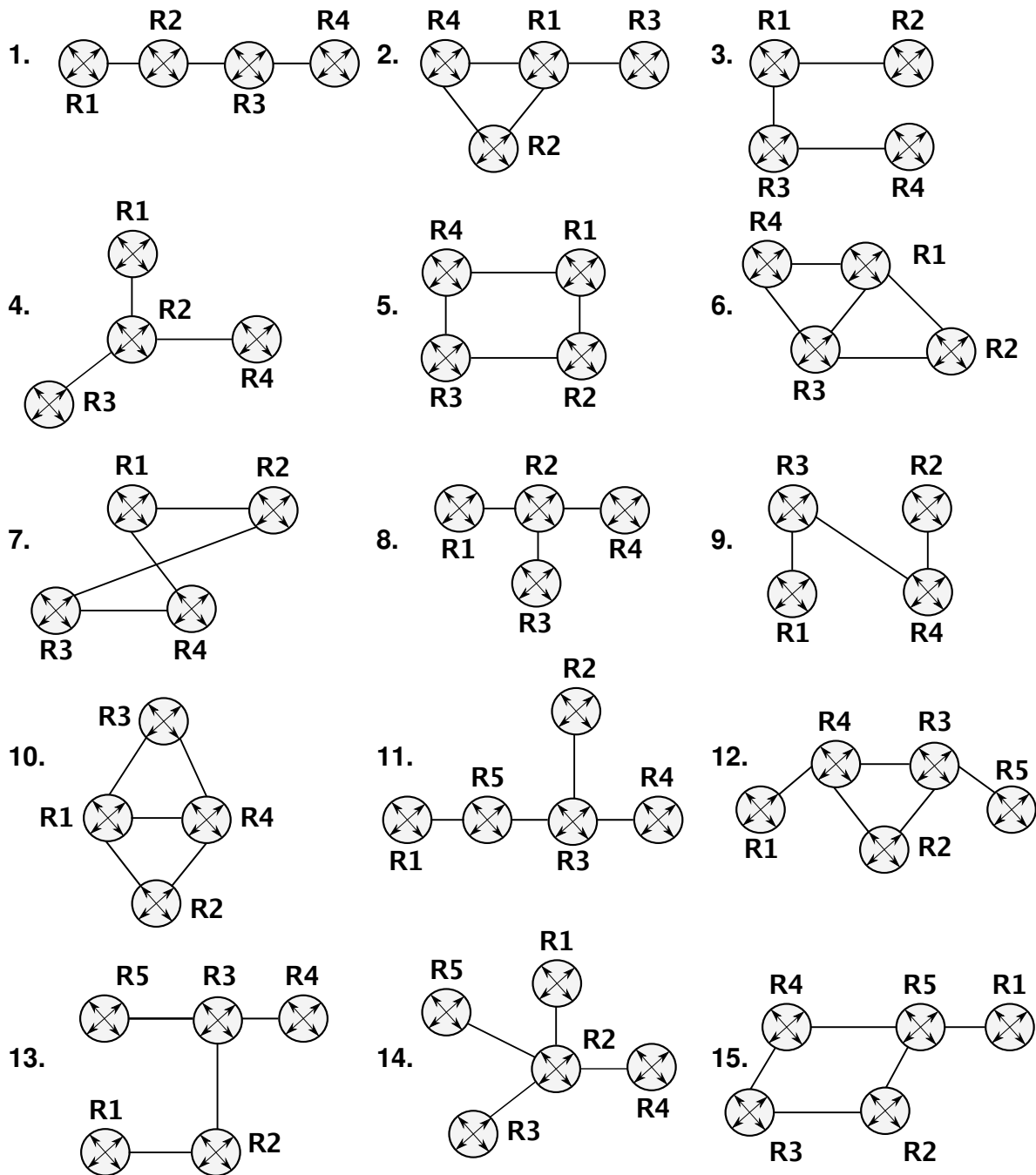


Рис. 8. Исходная топология ядра сети ЕСПД, варианты 1–15

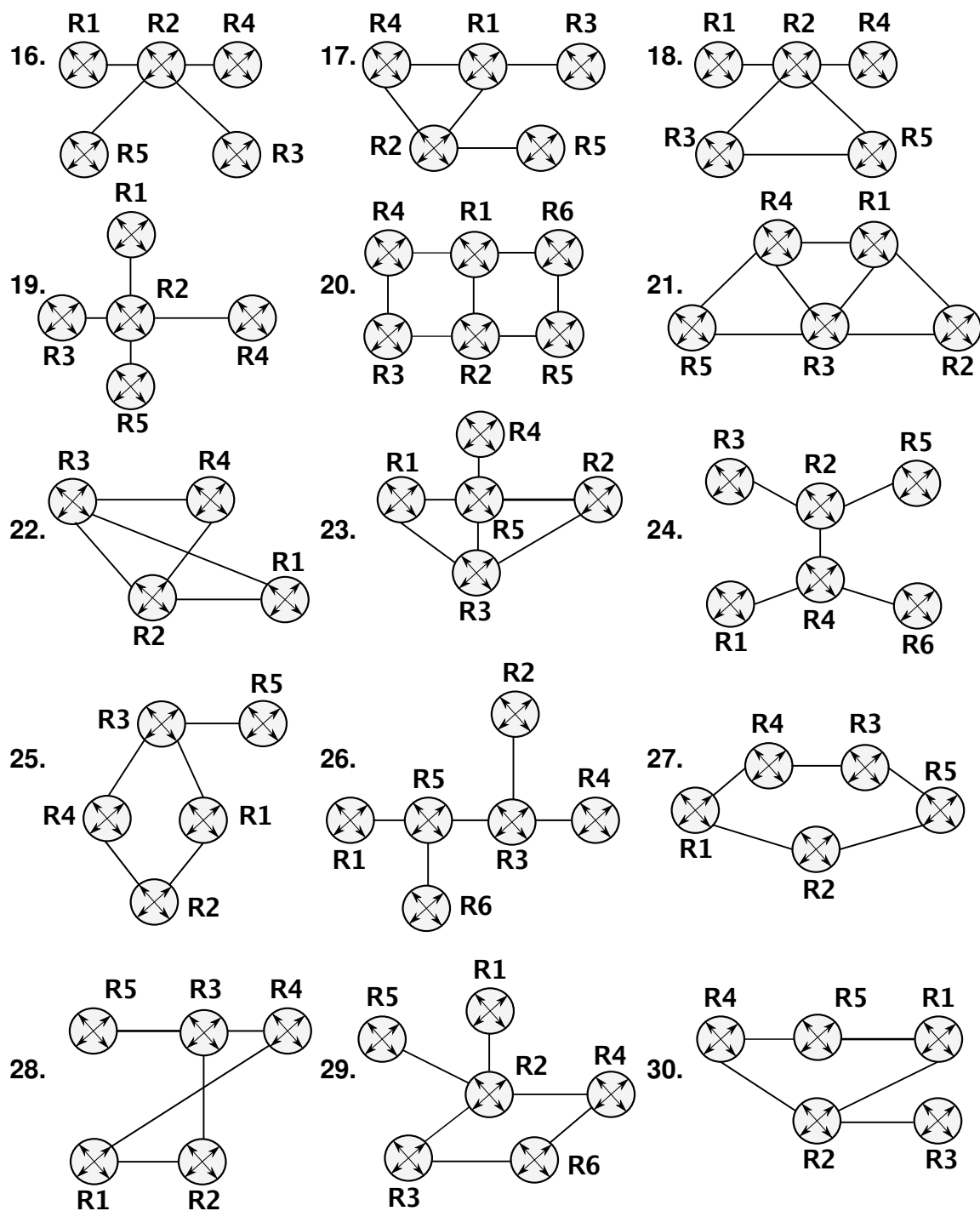


Рис. 9. Исходная топология ядра сети ЕСПД, варианты 16–30

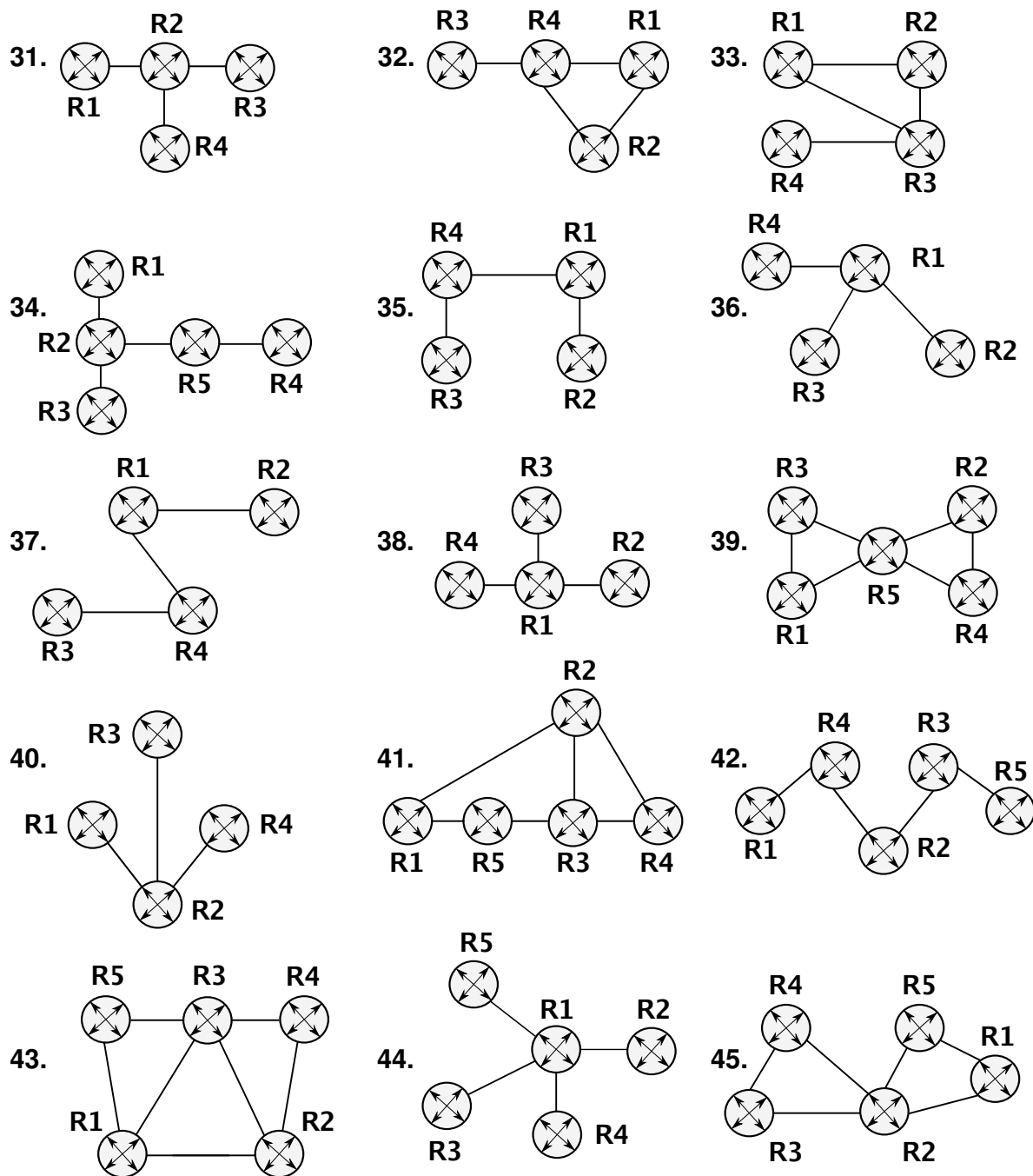


Рис. 10. Исходная топология ядра сети ЕСПД, варианты 31–45

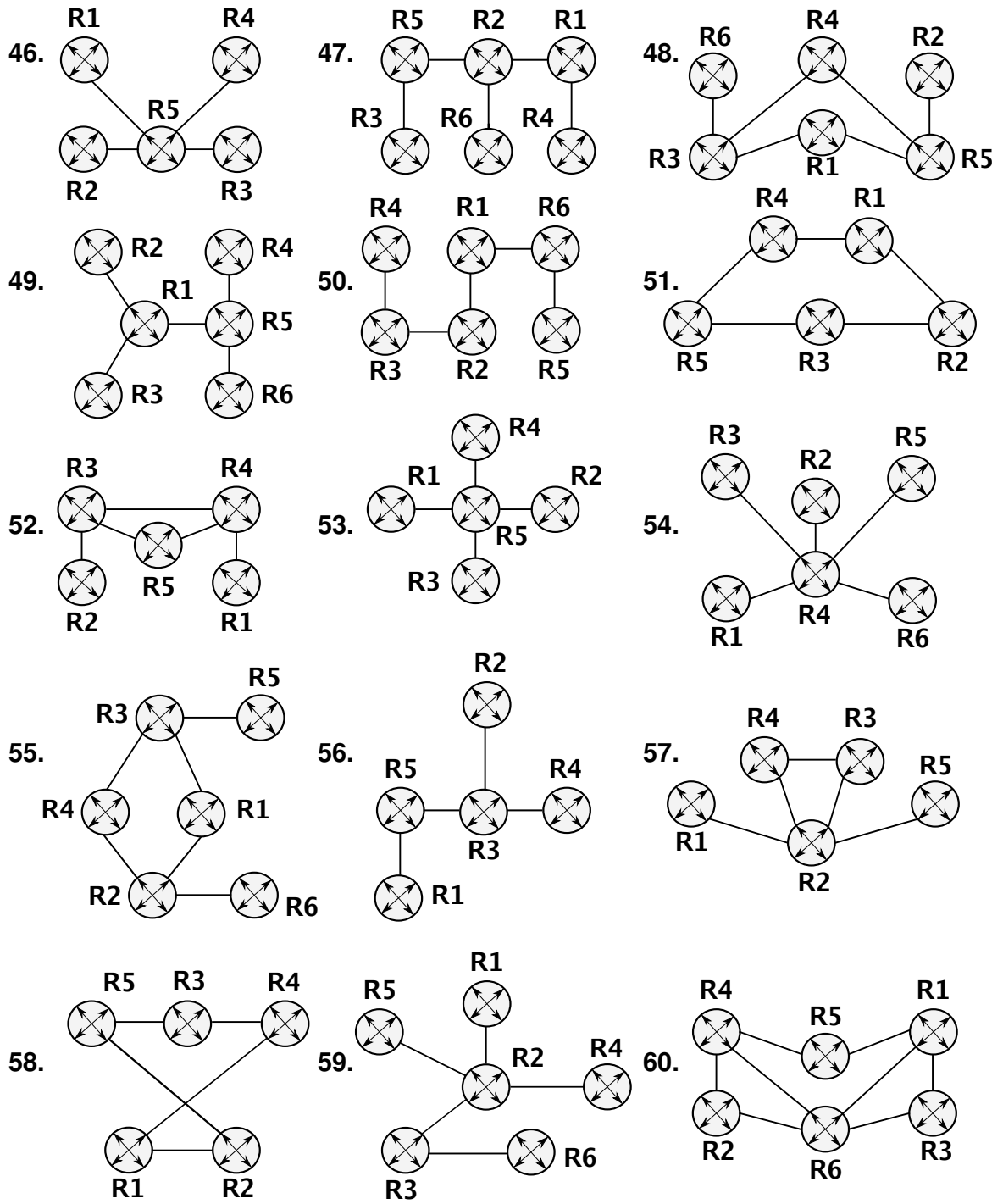


Рис. 11. Исходная топология ядра сети ЕСПД, варианты 46–60

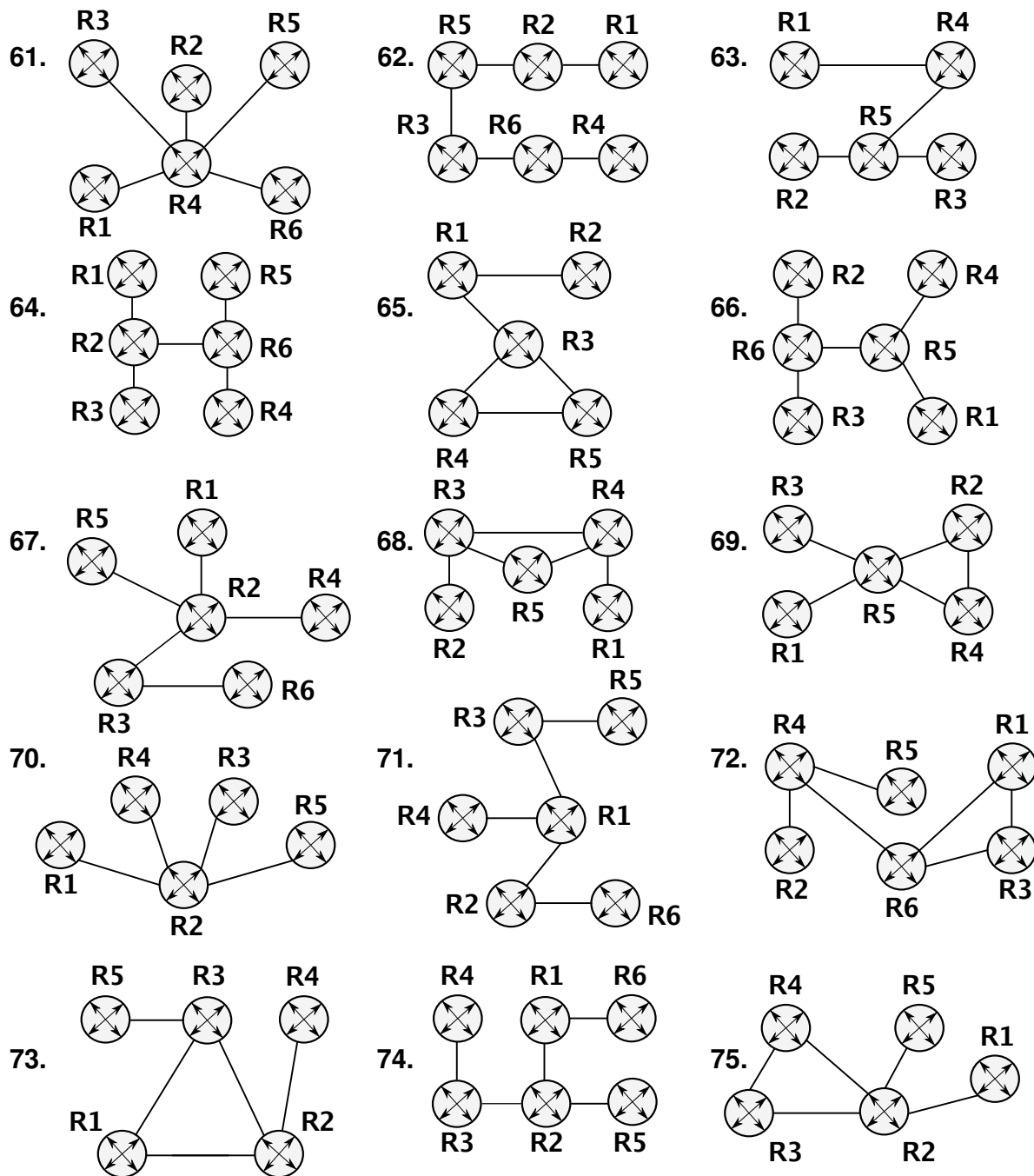


Рис. 12. Исходная топология ядра сети ЕСПД, варианты 61–75

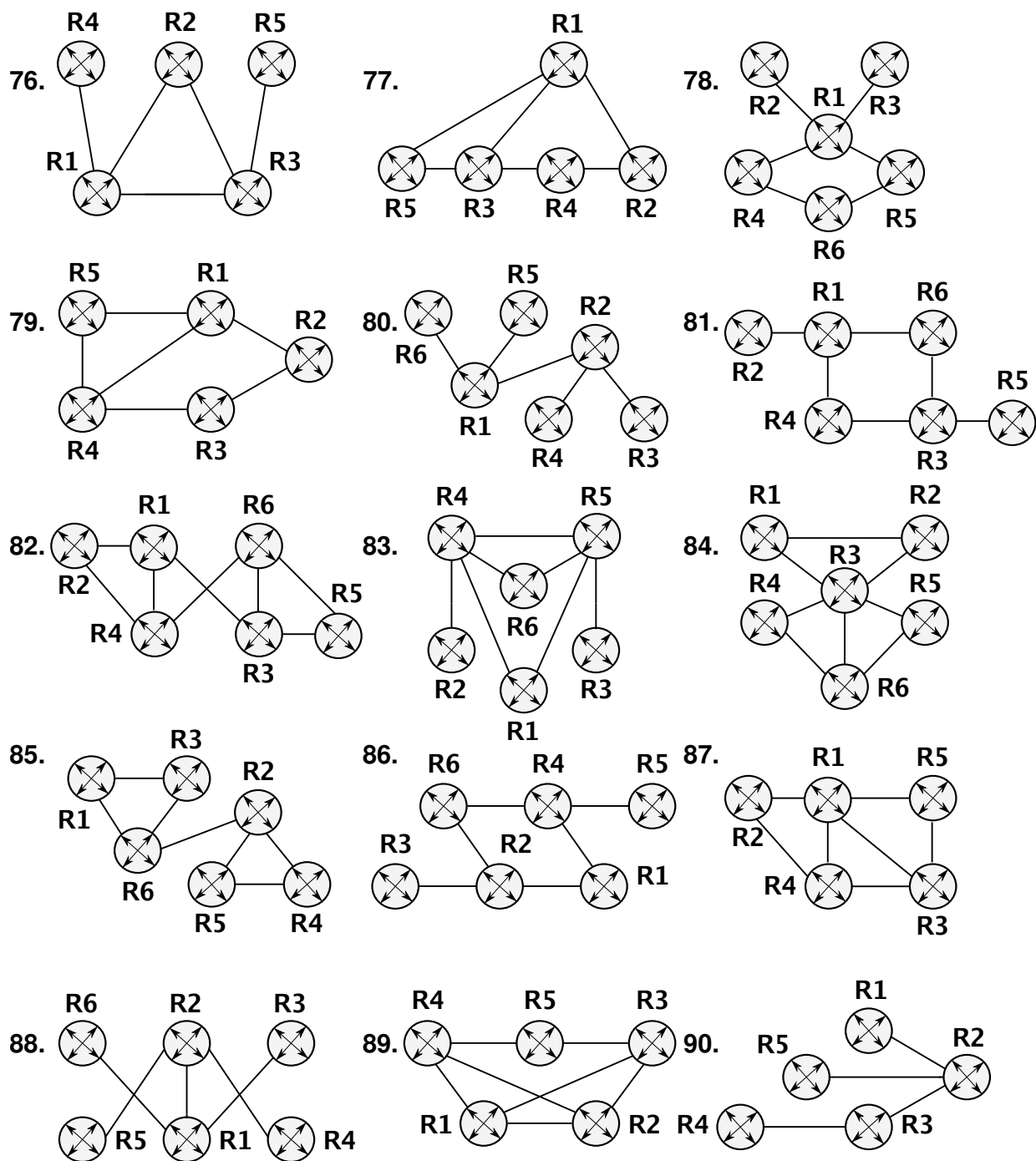


Рис. 13. Исходная топология ядра сети ЕСПД, варианты 76–90

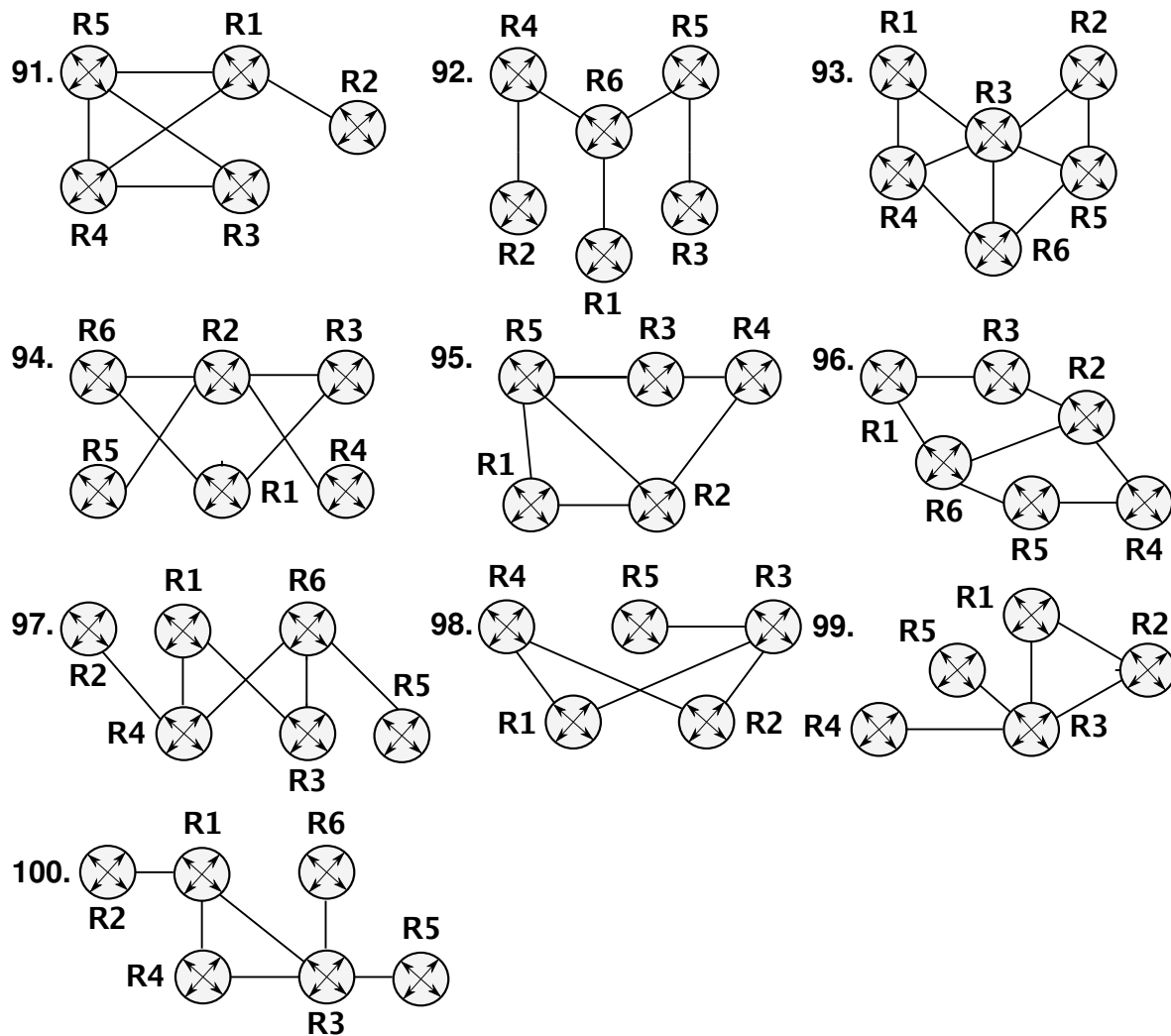


Рис. 14. Исходная топология ядра сети ЕСПД, варианты 91–100