

УДК 004.7

---

---

## ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ЭЛЕМЕНТОВ ПРОВОДНОЙ СЕТЕВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДЛЯ МАЛОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

**Владимир Алексеевич Раевский,**

ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского», доцент  
кафедры «Информатики и информационных технологий», г. Калуга, var-77@mail.ru

**Мачехин Кирилл Витальевич,**

ФГБОУ ВО «Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского», студент  
кафедры «Информатики и информационных технологий», г. Калуга,  
machekhinkv@studklg.ru

### Аннотация

---

В статье анализируется техническое задание одной из организаций г. Калуга (малое предприятие промышленной сферы) на проектирование проводной сетевой инфраструктуры, выбирается топология сети, ее архитектура. Обосновывается выбор проводной среды передачи данных, коммутаторов, маршрутизаторов.

---

**Ключевые слова:** локальные вычислительные сети, топология, архитектура, среда передачи данных, коммутатор, маршрутизатор.

---

## JUSTIFICATION FOR CHOOSING OF ELEMENTS OF WIRED NETWORK INFRASTRUCTURE FOR A SMALL INDUSTRIAL ENTERPRISE

**Vladimir. A. Raevsky,**

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovski, Associate Professor of the Department of Informatics and Information Technologies, Kaluga city, var-77@mail.ru

**Kirill. V. Machekhin,**

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovski, student of the Department of Informatics and information technologies, Kaluga city, machekhinkv@studklg.ru

---

### ABSTRACT

---

The article analyzes the terms of reference of one of the organizations of Kaluga (a small industrial enterprise) for the design of a wired network infrastructure, selects the network

topology, its architecture. The choice of a wired data transmission medium, switches, routers is justified.

**Keywords:** local area networks, topology, architecture, data transmission medium, switch, router.

1. Анализ технического задания Заказчика. Основным видом деятельности одного из предприятий г. Калуга является производство электрооборудования. Для административных подразделений организации, расположенных в двухэтажном здании, требуется спроектировать и развернуть сетевую инфраструктуру.

Анализ технического задания, предоставленного Заказчиком, позволил выявить базовые особенности для проектируемой сетевой инфраструктуры (Таблица 1). Всего в организации будет насчитываться 86 оконечных сетевых узлов (устройств); на первом этаже следует обеспечить подключение к сетевой инфраструктуре 13 рабочих станций сотрудников, 4 сетевых принтеров и 12 телефонов VoIP-связи; на втором этаже – 25 рабочих станций, 7 сетевых принтеров и 25 IP-телефонов.

Количество узлов промежуточного сетевого оборудования (коммутаторов (L2, L2+), маршрутизаторов (L3)) Заказчиком не указывается. Сетевое оборудование уровней L2, L2+, L3 должно обеспечивать на портах пропускную способность 1 гб/с и внутреннюю пропускную способность не менее 50 гб/с. В случае необходимости иные характеристики обосновываются и выбираются проектирующей стороной. Заказчиком установлено требование построения сети на устройствах фирмы Cisco [1].

В сетевой инфраструктуре, исходя из технического задания, следует обеспечить изоляцию сетевого трафика между подразделениями, обеспечив возможности управления изоляцией.

Таблица 1 – Сводная информация об оконечном сетевом оборудовании проектируемой сетевой инфраструктуры

№ п/п	Наименование помещения/подразделения	Рабочая станция, шт.	Сетевой принтер, шт.	IP-телефон
1 этаж				
1	Офис	3	1	3
2	Охрана труда	2	1	2
3	Служба по персоналу	3	1	3
4	Офис лаборатории	3	1	3
5	IT-отдел	1	-	1
6	Конференц-зал	1	-	-
Итого на 1-ом этаже по группам устройств:		13	4	12
2 этаж				
7	Начальник отдела качества	1	-	1
8	Отдел качества	2	1	2
9	Приемная директора	1	1	1
10	Директор	1	1	1
11	Начальник отдела закупок	1	-	1

12	Отдел закупок	10	1	10
13	Технический отдел	4	2	4
14	Начальник технического отдела	1	-	1
15	Бухгалтерия	3	1	3
16	Главный бухгалтер	1	-	1
Итого на 2-ом этаже по группам устройств:		25	7	25
Итого устройств:				86

В одних областях изоляции находятся: «Начальник отдела качества ↔ Отдел качества», «Приемная директора ↔ Директор», «Начальник отдела закупок ↔ Отдел закупок», «Технический отдел ↔ Начальник технического отдела», «Бухгалтерия ↔ Главный бухгалтер».

Файловые ресурсы сотрудников должны храниться централизованно, также следует обеспечить изоляцию доступа к указанным ресурсам и их резервное копирование.

Для подключения к ресурсам глобальной сети организация планирует использовать статический серый IP-адрес, выданный провайдером телекоммуникационных услуг из собственной сети, и скорость подключения на первом этапе 100 Мб/с с возможностью перехода на тарифы вплоть до 1 гб/с. В случае технических проблем со стороны провайдера следует обеспечить возможность восстановления доступа в течение 30 минут.

2. Выбор топологии проектируемой сетевой инфраструктуры. В настоящее время для локальных вычислительных сетей (ЛВС) применяется чаще всего топология «Неполно связная, Звезда» [2, 3] (Рисунок 1): рабочие станции соединяются медным многожильным проводником (витой парой, Twisted Pair) к центральному устройству – коммутатору или концентратору.

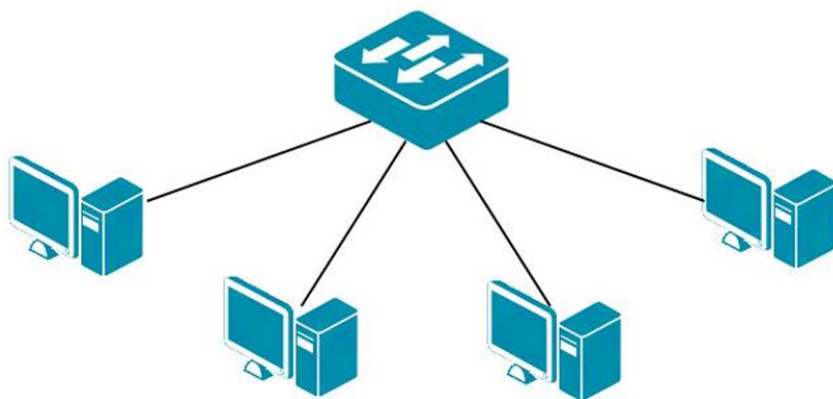


Рисунок 1 – Топология «Неполно связная, звезда»

Преимущества: сравнительно простое подключение конечных и промежуточных устройств к центральному; возможность добавления нескольких центральных устройств для расширения инфраструктуры (Рисунок 2); централизованное управление инфраструктурой; отказоустойчивость по сравнению с другими неполносвязными топологиями.

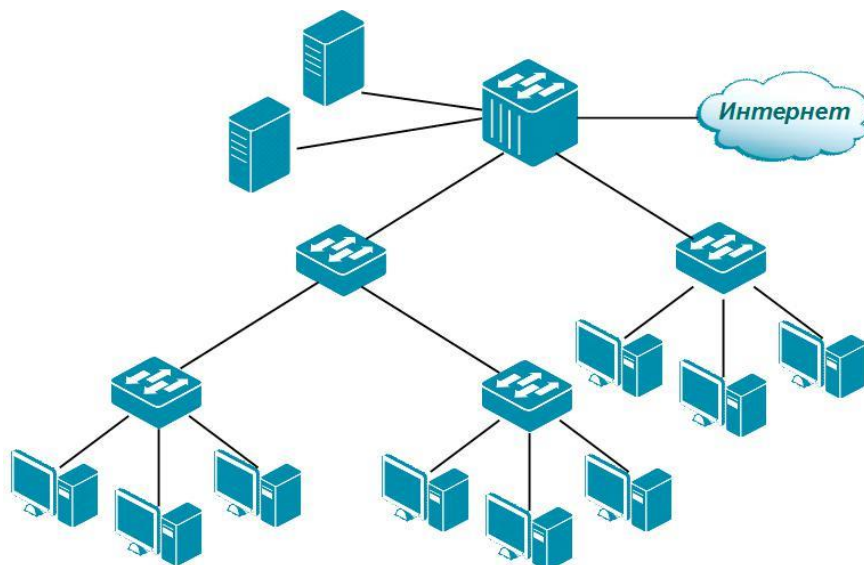


Рисунок 2 – Топология «Неполно связная, расширенная звезда»

Недостатки: отказ центрального устройства приводит к отказу всей сети; большой расход витой пары. Оба недостатка могут быть нивелированы вводом в сетевую инфраструктуру дополнительных коммутаторов (резервного в случае отказа, уровня доступа на этажах здания для уменьшения расхода кабеля).

Исходя из вышесказанного, для проектируемой сетевой инфраструктуры выбираем топологию «Неполносвязная, Звезда».

3. Выбор архитектуры проектируемой сетевой инфраструктуры. Для проектируемой сетевой инфраструктуры возможно применение одноранговой архитектуры или архитектуры «Клиент – сервер» [4].

Одноранговая архитектура подразумевает, что сетевые ресурсы могут находиться на любом узле сети, то есть все узлы являются равноправными. Любой узел (при наличии таковой возможности) может предоставлять сервисы остальным узлам. При этом базы безопасности на узлах являются локальными, для обеспечения доступа к сетевым ресурсам администратору сети необходимо будет создавать профили соответствующих пользователей на каждом узле сети, предоставляющем сервис остальным узлам, либо использовать (для ОС Windows) службу «Диспетчер учетных записей».

Архитектура «Клиент – сервер» характеризуется наличием в сети сервера (или серверов), предоставляющего клиентам сервисы; большая часть сетевых ресурсов располагается на сервере; возможно централизованное развертывание на сервере общей базы безопасности (служба каталогов Active Directory [5]).

Исходя из вышесказанного, с целью упрощения и централизации администрирования проектируемой сети, выполнения требования Заказчика о централизованном хранении файловых ресурсов и изоляции доступа к ним, для проектируемой сетевой инфраструктуры выберем архитектуру «Клиент – сервер».

4. Обоснование выбора несущей и сетевых устройств проектируемой инфраструктуры. Исходя из требований Заказчика, для обеспечения пропускной способности 1 гб/с от рабочих станций, сетевая инфраструктура должна быть построена на витой паре, розетках и патч-панелях категории не ниже 5е.

Анализ Таблицы 1 показывает, что на первом этаже потребуется коммутатор уровня доступа, имеющий минимум 30 портов (29 устройств + 1 порт для подключения к

центральному коммутатору агрегации в IT-отделе организации); на втором этаже – коммутатор уровня доступа (либо стекируемые коммутаторы), имеющий(ие) минимум 58 портов (57+1 соответственно).

Для уменьшения затрат авторами было предложено использовать в инфраструктуре сети IP-телефоны с функцией сетевого моста (обоснование выбора конкретного IP-телефона в данной статье не рассматривается), что позволит осуществить физическое подключение по схеме «Коммутатор ↔ IP-телефон ↔ Рабочая станция» и снизить требования к коммутаторам уровня доступа по количеству портов. Таким образом, на первом этаже потребуется коммутатор уровня доступа с числом портов минимум 18 (17+1), на втором – 33 (32+1). Кроме того, для IP-телефонии следует предусмотреть возможность получения питания по технологии Power over Ethernet (PoE).

Максимальное энергопотребление IP-телефона с жидкокристаллическим цветным экраном обычно не превышает 10 Ватт [6, 7]. Таким образом, энергетический бюджет PoE коммутатора доступа на 1 этаже должен быть не менее 120 Вт, на втором – не менее 250 Вт.

В Таблице 2 приведены характеристики некоторых коммутаторов Cisco уровня доступа/агрегации, доступных к приобретению у Поставщика, и обеспечивающих возможность развертывания VirtualLAN (обеспечение требования об изоляции сетевого трафика между подразделениями) [8].

Таблица 2 – Характеристики коммутаторов Cisco (24/48 портов)

	WS-C2960L-24TS-LL	WS-C2960L-24PS-LL	WS-C2960L-48TS-LL	WS-C2960R+48TC-L
Порты доступа Ethernet	24 Gigabit Ethernet RJ-45	24 Gigabit Ethernet RJ-45	48 Gigabit Ethernet RJ-45	48 Fast Ethernet RJ-45
Порты агрегации	-	-	-	2 Gigabit Ethernet RJ-45, 2 combo SFP
Универсальные порты Ethernet	4 SFP+	4 x SFP+	4 SFP+	2 SFP

Таблица 2 (продолжение) – Характеристики коммутаторов Cisco (24/48 портов)

	WS-C2960L-24TS-LL	WS-C2960L-24PS-LL	WS-C2960L-48TS-LL	WS-C2960R+48TC-L
Пропускная способность,	56 Гбит/с	128 Гбит/с	176 Гбит/с	16 Гбит/с
Стекирование	StackWise-480/9	StackWise-480/9	StackWise-480/9	FlexStack/4
Протоколы VLAN	802.1Q	802.1Q	802.1Q	802.1Q
Максимальный VLAN	4094	4094	4094	4000
Порты питания PoE	24 PoE+	24 PoE+	48 PoE+	48 PoE

Бюджет PoE	120 Вт	120 Вт	370 Вт	370 Вт
Цена в розничной продаже	92709 руб.	148804 руб.	142839 руб.	175126 руб.

Анализ Таблицы 2 показывает, что наилучшим является выбор коммутатора WS-C2960L-24TS-LL для обслуживания подразделений организации, находящихся на первом этаже, и коммутатора WS-C2960L-48TS-LL – на втором этаже. Коммутаторы следует разместить в IT-отделе в серверном шкафу. При этом следует учитывать, что бюджет PoE для IP-телефонов, расположенных на первом этаже, будет практически исчерпан.

Для организации уровня ядра сети выбран маршрутизатор Cisco 2911R/K9 (Таблица 3), обеспечивающий маршрутизацию между VLAN организации и на ее основе управление изоляцией посредством списков доступа [8].

Таблица 3 – Характеристики маршрутизаторов Cisco RV320-K8-RU

Порты Ethernet для локальной сети	3 Gigabit Ethernet RJ-45
Порты Ethernet WAN	Совмещены с портами LAN
Статическая маршрутизация	Присутствует
Динамическая маршрутизация/протоколы	Присутствует/ BGP, GRE, OSPF, DVMRP, EIGRP, IS-IS, IGMPv3, PIM-SM, PIM-SSM
Протоколы VLAN	802.1Q
Слоты расширения (всего/свободных)	4/4 слота для HWIC; 2/1 слота для карт CompactFlash; 1/1 слот расширения; 1/1 слот для SFP (или mini-GBIC).
Цена в розничной продаже	157450 руб.

Для подключения к ресурсам сети Интернет и обеспечения безопасности предлагается использовать маршрутизатор класса Small Office/Home Office Cisco RV320-K8-RU, характеристики приведены в Таблице 4 и полностью удовлетворяют требованиям Заказчика.

Таблица 4 – Характеристики маршрутизатора Cisco RV320-K8-RU

Порты Ethernet для локальной сети	4 Gigabit Ethernet RJ-45
Порты Ethernet WAN	4 Gigabit Ethernet RJ-45
3G/4G/LTE WAN	Требуется USB-модем
Поддержка DHCP	Присутствует
Поддержка NAT	Присутствует
Статическая маршрутизация	Присутствует

Таблица 4 (продолжение) – Характеристики маршрутизатора Cisco RV320-K8-RU

Динамическая маршрутизация/протоколы	Присутствует/ BGP, OSPF, RIP
--------------------------------------	------------------------------

Межсетевой экран/функции	Присутствует/ DMZ, NAT, защита от DoS, фильтрация по IP, фильтрация по MAC, фильтрация по TCP/UDP
Цена в розничной продаже	30520 руб.

Возможность восстановления доступа в случае технического сбоя со стороны провайдера обеспечивается поддержкой 3G/4G/LTE WAN, организации следует приобрести USB-модем с SIM-картой у поставщика услуг Интернета в мобильных телефонных сетях.

#### Список литературы:

1. Networking, Cloud, and Cybersecurity Solution - Cisco. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.cisco.com/>.
2. Таненбаум Э., Уэзеролл Д. Компьютерные сети. 5-е изд. [Текст] / Э. Таненбаум, Д. Уэзеролл. – СПб.: Питер, 2012. – 960 с.
3. Олифер В., Олифер Н. Компьютерные сети. Принципы технологии протоколы: Юбилейное издание. [Текст] / В. Олифер, Н. Олифер. – СПб.: Питер, 2020. – 1008 с.
4. Столлингс В. Современные компьютерные сети/ [Текст] / В. Столлингс. – СПб.: Питер, 2003. – 783 с.
5. Минаси М., Грин К. и др. Бус. Windows Server 2012 R2. Полное руководство. Том 1: установка и конфигурирование сервера, сети, DNS, Active Directory и общего доступа к данным и принтерам. [Текст] / М. Минаси, К. Грин и др. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2015. – 960 с.
6. Akuvox. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://wiki.akuvox-rus.ru/index.php/Потребляемая\\_энергия\\_для\\_IP\\_телефонов](https://wiki.akuvox-rus.ru/index.php/Потребляемая_энергия_для_IP_телефонов).
7. Yealink MP58-WH для Skype for Business – IP-телефон – Yealink Russia. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.yealink-russia.ru/yealink\\_mp58-wh\\_for\\_skype\\_for\\_business](https://www.yealink-russia.ru/yealink_mp58-wh_for_skype_for_business).
8. Одом У. Официальное руководство Cisco по подготовке к сертификационным экзаменам CCENT/CCNA ICND1 100-101, акад. изд. [Текст] / У. Одом – М.: «И.Д. Вильямс», 2015. – 912 с.

#### References:

1. Networking, Cloud, and Cybersecurity Solution - Cisco. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.cisco.com/>.
2. Tanenbaum E., Uezeroll D. Komp'yuternye seti. 5-e izd. [Text] / E. Tanenbaum, D. Uezeroll. – Saint Petersburg: Piter, 2012. – 960 p. (in Russian).
3. Olifer V., Olifer N. Komp'yuternye seti. Principy tekhnologii protokoly: YUbilejnoe izdanie. [Text] / V. Olifer, N. Olifer. – Saint Petersburg.: Piter, 2020. – 1008 p. (in Russian).
4. Stollings V. Sovremennyye komp'yuternye seti/ [Text] / V. Stollings. – Saint Petersburg: Piter, 2003. – 783 p. (in Russian).

5. Minasi M., Grin K. i dr. Bus. Windows Server 2012 R2. Polnoe rukovodstvo. Tom 1: ustanovka i konfigurirovanie servera, seti, DNS, Active Directory i obshchego dostupa k dannym i printeram. [Text] / M. Minasi, K. Grin i dr. – Moscow: LLC «I.D. Vil'yams», 2015. – 960 p. (in Russian).
6. Akuvox. [Electronic resource]. Access mode: [https://wiki.akuvox-rus.ru/index.php/Потребляемая\\_энергия\\_для\\_IP\\_телефонов](https://wiki.akuvox-rus.ru/index.php/Потребляемая_энергия_для_IP_телефонов). (in Russian).
7. Yealink MP58-WH dlya Skype for Business – IP-telefon – Yealink Russia. [Electronic resource]. Access mode: [https://www.yealink-russia.ru/yealink\\_mp58-wh\\_for\\_skype\\_for\\_business](https://www.yealink-russia.ru/yealink_mp58-wh_for_skype_for_business). (in Russian).
8. Odom U. Oficial'noe rukovodstvo Cisco po podgotovke k sertifikacionnym ekzamenam CCENT/CCNA ICND1 100-101, akad. izd. [Tekst] / U. Odom – Moscow: LLC «I.D. Vil'yams», 2015. – 912 p. (in Russian).