Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Факультет компьютерных систем и сетей

Кафедра электронных вычислительных машин

Дисциплина: Аппаратное обеспечение компьютерных сетей

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовому проекту

на тему

ЛОКАЛЬНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ СЕТЬ,

ВАРИАНТ 37

БГУИР КП 1–40 02 01 01 207 ПЗ

Студент: А.В. Гуринович

Руководитель: И.И. Глецевич

МИНСК 2022

|  |  |
| --- | --- |
| Вариант | 37 |
| Объект | кафедра коммерческого университета, на которой обучают основам программирования |
| Форма здания, этажи, суммарная площадь помещений в квадратных метрах | прямоугольная, 3-4, 340 |
| Количество стационарных пользователей (ПК), количество стационарных подключений, количество мобильных подключений | 60, 67, 30 |
| Сервисы (дополнительные подключения) | web-сервер для внутреннего и внешнего использования |
| Прочее оконечное оборудование (дополнительные подключения) | принтеры, цветные принтеры |
| Подключение к Internet | ADSL2+ |
| Внешняя адресация IPv4,  внутренняя адресация IPv4,  адресация IPv6 | непосредственного подключения к провайдеру нет, публичная подсеть, взаимодействие в рамках внутренней сети |
| Безопасность | IPsec-VPN для удаленного подразделения |
| Надежность | особых требований нет |
| Финансы | бюджетная сеть |
| Производитель сетевого оборудования | HPE/Aruba |
| Дополнительные требования заказчика | нет |

СОДЕРЖАНИЕ

[ВВЕДЕНИЕ 4](#_Toc119175013)

[1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ 5](#_Toc119175014)

[1.1 ADSL2+ 5](#_Toc119175015)

[1.2 IPSec-VPN 6](#_Toc119175016)

[2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ 8](#_Toc119175017)

[2.1 Модем 8](#_Toc119175018)

[2.2 Маршрутизатор 8](#_Toc119175019)

[2.3 Коммутаторы 8](#_Toc119175020)

[2.4 Беспроводные точки доступа 9](#_Toc119175021)

[2.5 Web-сервер 9](#_Toc119175022)

[3 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ 10](#_Toc119175023)

[3.1 Расположение устройств 10](#_Toc119175024)

[3.2 Производитель сетевого оборудования 10](#_Toc119175025)

[3.3 Выбор модели модема 11](#_Toc119175026)

[3.4 Выбор модели маршрутизатора 11](#_Toc119175027)

[3.5 Выбор модели коммутаторов 12](#_Toc119175028)

[3.6 Выбор модели беспроводной точки доступа 12](#_Toc119175029)

[3.7 Выбор модели сервера 12](#_Toc119175030)

[3.8 Виртуальные локальные компьютерные сети 13](#_Toc119175031)

[3.9 Внутренняя адресация 14](#_Toc119175032)

[3.10 Внешняя адресация 14](#_Toc119175033)

[4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРУКТУРИРОВАННОЙ КАБЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ 15](#_Toc119175034)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 16](#_Toc119175035)

[СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 17](#_Toc119175036)

[ПРИЛОЖЕНИЕ А 19](#_Toc119175037)

[ПРИЛОЖЕНИЕ Б 20](#_Toc119175038)

[ПРИЛОЖЕНИЕ В 21](#_Toc119175039)

[ПРИЛОЖЕНИЕ Г 22](#_Toc119175040)

# ВВЕДЕНИЕ

В контексте кафедры коммерческого университета, которая обучает основам программирования, разработка локальной компьютерной сети (далее – ЛКС) является первостепенной задачей. Обучение программированию проводится на компьютерах, получение заданий и иной информации студентами в первую очередь будет осуществляется с локального хранилища кафедры или в сети Интернет, что подразумевает обеспечение стабильного и быстрого соединения в рамках кафедры.

Использование технологии ADSL2+ для доступа к сети Интернет накладывает ограничения на возможности связи кафедры с внешним миром, особенно ограничен восходящий канал. Необходимо организовать пиритизацию трафика устройств преподавателей, так как их действия, как правило, распространяются на всех студентов, а следовательно, являются более важными.

Так как кафедра располагается на нескольких этажах, логично расположить равное количество ПК на каждом из этажей. При расчёте на три этажа, по 20 ПК на каждом этаже, дополнительно несколько принтеров, беспроводные подключения, потребуется по коммутатору на этаж, точки беспроводного доступа.

Web-сервер должен быть доступен круглосуточно так как на неё могут содержаться задания и иная информация, которая должна быть доступна не только в рамках локальной подсети.

Использование IPSec-VPN позволит филиалу кафедры безопасно использовать внутренние ресурсы кафедры, которые закрыты от общего доступа через сеть Интернет.

Цель проекта: разработка проект локальной компьютерной сети для кафедры коммерческого университета, на которой обучаются основам программирования.

Задачи: изучение материала по заданию на проект до начала выполнения проекта, как и дальнейшее изучение технологий по ходу выполнения проекта; разработка общей структуры сети, структурной схемы; выбор конкретных устройств, обоснование их выбора, описание настройки устройств, составление функциональной схемы; разработка структурной кабельной системы, составление её схемы.

# 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

## 1.1 ADSL2+

Стандарт ADSL2+ регламентируется рекомендацией Международного союза электросвязи (далее – ITU) G.992.5 [1]. Технология относится к DSL-технологиям (Digital Subscriber Line), которые предполагают использование телефонной сети общего пользования для передачи данных. DSL позволяет получать широкополосный доступ в интернет без создания дополнительной инфраструктуры со стороны абонента, требуется только установка оборудования со стороны провайдера. Скорость придачи данных DSL значительно падает с увеличением длины линии.

DSL-технологии делятся на ассиметричные и симметричные по скорости приёма и придачи из сети.

Симметричные вариации технологии обеспечивают одинаковую скорость как для передачи данных в, так и для приёма данных из сети.

Ассиметричные вариации DSL предполагают, что скорость нисходящего потока (приём из сети) значительно превышает скорость восходящего потока (передача в сеть). Для этого используются разные частоты сигнала для принимаемого и отправляемого модемом сигнала, при этом частота принимаемого сигнала будет значительно больше.

Так как линия, используемая DSL-технологиями, также может использоваться для телефонной связи, которая осуществляется на частотах до 4 килогерц, они используют частоты выше, чтобы обеспечить возможность параллельного использования линии как для телефонии, так и для DSL-соединения.

Для разделения телефонного и DSL-сигнала используются сплиттеры – фильтры, которые разделяют и соединяют сигнал из абонентской линии на отдельные телефонную и DSL линии.

Со стороны абонента устанавливается модем, который моделирует цифровой сигнал, полученный из внутренней локальной компьютерной сети для передачи в среду передачи данных телефонной сети в аналоговом виде, а также осуществляет обратный процесс. Модем автоматически поддерживает постоянное соединение, выбирает допустимую скорость.

Со стороны провайдера устанавливается DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer), который является мультиплексором доступа цифровой абонентской линии. Со стороны каждого абонента установлен интегрированный модем, осуществляющий аналогичные модему абонента действия, каждому абоненту назначается виртуальная локальная компьютерная сеть (далее – VLAN).

Данные со всех линий мультиплицируются и направляются дальше в сторону глобальной компьютерной сети (далее – WAN), для чего используется соединение с более широкой полосой, например оптоволоконное.

Они поступают на BRAS (Broadband Remote Access Server), который представляет из себя маршрутизатор широкополосного удалённого доступа. BRAS являются шлюзом между DSL-сетью и сетью Интернет, осуществляет маршрутизацию данных, которым назначены VLAN, преобразует протоколы сети доступа в протоколы транспортной сети, аутентификацию, идентификацию и учёт пользователей, QoS.

ADSL2+ предполагает максимальные скорости 24 и 3,5 мегабит в секунду для соответственно нисходящей и восходящей передачи. Максимальным расстоянием, на котором возможно соединение составляет 5,5 километров, при этом уже 2-2,5 километрах длины линии, скорость падает более чем в два раза [2].

## 1.2 IPSec-VPN

В общем виде VPN представляет собой совокупность технологий управления доступом и контролем, аутентификации, туннелирования, используемых для защиты и безопасной передачи данных через сеть Интернет.

Использование туннелирования обеспечивает безопасность при передаче данных. При этом передача по сети протокольных пакетов сети одного типа инкапсулируются в протокольные пакеты другой сети. Туннелирование необходимо из-за того, что в сетях, использующих протокол IP, имеются уязвимости. Во время разработки протокола IP на его уровне не были предусмотрены какие-либо функции безопасности, что позволят легко подделать и перехватить данные в сетях, использующих данный протокол.

Независимо от того, какую форму VPN выберет организация, конечный результат всегда будет одинаковым. VPN создают «туннели» через незащищенные публичные сети, чтобы установить безопасные соединения с частной сетью. Используя стандартные, но надежные средства безопасности, такие как шифрование данных и аутентификация конечных точек, VPN могут предотвращать несанкционированный доступ к этим туннелям и к сети организации на другом конце.

IPSec (IP Security) является набором протоколов для обеспечения защиты данных, передаваемых по межсетевому протоколу IP. Позволяет осуществлять подтверждение подлинности (аутентификацию), проверку целостности и/или шифрование IP-пакетов. IPsec также включает в себя протоколы для защищённого обмена ключами в сети Интернет. В основном применяется для организации VPN-соединений.

IPSec-VPN изначально предназначался для подключения типа «точка-точка» и предполагал удаленный доступ к сети через стандартный клиент или приложение. Эти VPN были в основном разработаны для постоянных удаленных сайтов для доступа к одной центральной сети.

Преимуществами IPSec VPN являются, во-первых, постоянная связь между локациями, во-вторых, поскольку IPSec работает на «уровне протокола» Интернета, то любой протокол на основе IP может быть отправлен через сеть. Это означает, что можно использовать IPSec приложений данных, использующих протоколы TCP и UDP.

# 2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ

В данном разделе описана структура локальной компьютерной сети. Схема структурная приведена в приложении А. Пунктирной линией выделены зоны, элементы в которых относятся к обозначенному в этой же зоне этажу.

## 2.1 Модем

ADSL2+ модем является связующим звеном между локальной сетью и сетью Интернет. Модем моделирует цифровой сигнал, полученный из внутренней локальной компьютерной сети для передачи в среду передачи данных телефонной сети в аналоговом виде, а также осуществляет обратный процесс. Связан с маршрутизатором.

## 2.2 Маршрутизатор

Для корректной работы системы с более чем шестидесятью конечными устройствами, несколькими виртуальными локальными компьютерными сетями (далее – VLAN) и доступом в сеть Интернет необходима реализация IP-маршрутизации, то есть необходимо активное сетевое устройство-посредник, которое поддерживает третий (сетевой) уровень модели Open Systems Interconnection (далее – OSI).

Для этого можно использовать как коммутатор с поддержкой третьего уровня (далее – L3-коммутатор), так и маршрутизатор. Однако, одним из требований заказчика является реализация IPsec-VPN, который будет доступен только на маршрутизаторах.

Дополнительными аргументами за выбор маршрутизатора также может послужить необходимость обеспечения безопасности сети, реализации QoS, NAT. Данный функционал не представлен на L3-коммутаторах.

Таким образом, в структуре сети представлен один маршрутизатор, обеспечивает IP, является входной точкой для VPN-тоннеля, обеспечивает безопасность сети и иное. К маршрутизатору подключены три коммутатора и web-сервер.

## 2.3 Коммутаторы

Общее число подключённых к сети устройств, согласно требованию заказчика, стремится к сотне, что, учитывая необходимость проектирования с возможностью будущего расширения сети, подразумевает предусмотреть подключение примерно двести устройств, из которых проводных около ста тридцати. Подключить такое количество устройств напрямую к одному маршрутизатору невозможно. Рациональнее будет расположить на каждом этаже по коммутатору, к каждому из которых соответственно будут подключены все устройства этажа.

Коммутаторы расположены на каждом из трёх этажей, включая главный (на котором расположен вывод кабеля телефонной линии и маршрутизатор). Они связаны с маршрутизатором. Также предусмотрено соединение между коммутаторами, так как не весь трафик сети требует IP-маршрутизации или направлен в WAN. К коммутаторам подключаются принтеры, проводные и беспроводные конечные устройства пользователей, последние из получают доступ в сеть через беспроводные точки доступа.

## 2.4 Беспроводные точки доступа

Согласно требованию заказчика, должно быть предусмотрено подключение беспроводных устройств, для реализации данного требования, с учётом площади помещения, необходима установка нескольких беспроводных точек доступа на каждом этаж.

Подключать беспроводные точки доступа напрямую к маршрутизатору нет необходимости, поэтому точки доступа соединены только с коммутаторами.

## 2.5 Web-сервер

Web-сервер подключён напрямую к маршрутизатору, такое решение обусловлено тем, что web-сервер будет использоваться всеми участниками сети, а также доступ к нему возможен и из сети Интернет. То есть отнести сервер к какому-либо этажу или VLAN невозможно.

# 3 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ

Данный раздел посвящён разработке функциональной схемы, выбору оборудования разрабатываемой локальной компьютерной сети, её функциональному проектированию. Схема функциональная приведена в приложении Б.

Значение используемых в схеме условно-графических обозначений обозначено в левой нижней части схемы. Так как расположение локальной компьютерной сети предполагается на нескольких этажах, схема разделена на три соответствующие этажам секции штрихпунктирной линией. Для встречающихся на нескольких этажах типов устройств предусмотрено обозначение названий в формате разделённого дефисом сочетания номера этажа и номера устройства этого типа на этаже. Например, десятая проводная станция на втором этаже обозначена как «PC 2-10».

Для обозначения портов FastEthernet и GigabitEthernet используются соответственно аббривиатуры FE/N и GE/N, где N – номер порта на устройстве.

## 3.1 Расположение устройств

Модем, шлюз в направлении глобальной сети, предполагается расположить на первом из этажей кафедры. Тут же, в отдельном техническом помещении (серверной), предусмотрено расположить маршрутизатор, сервер и административную рабочую станцию.

На каждом из этажей располагается один коммутатор, к которому подключены двадцать рабочих станций, два принтера и две беспроводные точки доступа, которые обеспечивают доступ в сеть для десяти беспроводных станций.

Исходя из такого разбиения устройств по этажам, из шестидесяти стационарных пользователей, шестидесяти семи стационарных подключений и тридцати мобильных подключений на первый этаж приходится тридцать два подключения, на второй и третий – тридцать три.

## 3.2 Производитель сетевого оборудования

Согласно требованиям заказчика, в проекте должно использоваться оборудование, поставляемое компаниями Hewlett Packard Enterprise (далее – HPE) и Aruba Networks (далее – Aruba). Последняя является дочерней компанией первой, благодаря чему всё поставляемое обеими компаниями оборудование представлено на сайте HPE [3]

HPE является одним из двух наследников разделившейся Hewlett-Packard Company, другим наследником является HP Inc. HPE унаследовала производство сетевого оборудования, серверов, и иных решений. HP Inc. же унаследовала производство персональный устройств, таких как персональные компьютеры, моноблоки, многофункциональные устройства (далее – МФУ).

Aruba приобретена HPE в 2015 году. Компания в первую очередь занимается производством беспроводных устройств, обеспечивает свои облачные решения.

## 3.3 Выбор модели модема

В качестве наиболее рационального решения можно было бы рассмотреть возможность отказаться от модема и использовать маршрутизатор с функцией модема, однако подобные маршрутизаторы более не выпускаются выбранными производителями, также ими не выпускаются и сами модемы, из-за чего выбор придётся производить из устройств других производителей. Использование дополнительного устройства ведёт к услужению системы, а следовательно, и к увеличению вероятности сбоев в её работе.

Единственным критерием выбора в таком случае остаётся поддержка модемом технологии ADSL2+. Из-за устаревания технологии выбор модемов на рынке крайне мал, большинство устройств совмещают в себе как функцию модема, так и маршрутизатора или беспроводного маршрутизатора. Так как необходимость в таком дополнительном функционале отсутствует, рациональным выбором будет модель TD-8616 от компании TP-Link [4]. Стоимость данной модели составляет 10$ [5].

Технические характеристики:

1. Один порт FastEthernet c максимальной скоростью 100 мегабит в секунду.

2. Один порт RJ-11.

3. Поддержка рекомендации ITU G.992.5.

## 3.4 Выбор модели маршрутизатора

Основными критериями при выборе маршрутизатора являются: достаточное количество портов со стороны LAN, поддержка VPN, поддержка IPv6-маршрутизации.

Требуется минимум четыре порта для LAN (три для коммутаторов и один для сервера), однако, учитывая необходимость предусмотреть возможность расширении сети, следует рассматривать модели с минимум восьмью портами. Учитывая устаревание технологии ADSL2+, не стоит выбирать маршрутизатор с низкой скоростью внешнего подключения, так как при будущей модернизации системы это может стать причиной общей низкой скорости доступа к сети Интернет из проектируемой локальной компьютерной сети.

Согласно этим критериями была выбрана модель HPE FlexNetwork MSR1003 8S AC Router [6], с минимальной рекомендованной производителем стоимостью (далее – МРПС) в 1,903$ обладающая следующими техническими характеристиками [7]:

1. 1 SFP порт,

2. 2 RJ-45 GigabitEthernet WAN порта,

3. 8 RJ-45 GigabitEthernet LAN порта,

4. RISC процессор с тактовой частотой 667 мегагерц,

5. 1 гигабайт DDR3 SDRAM, 256 мегабайт flash,

6. Операционная система Comware седьмой версии.

## 3.5 Выбор модели коммутаторов

Так как количество подключений на этаж составляет примерно тридцать единиц, следует выделить среди критериев выбора практически большее количество LAN-портов, то есть в количестве сорок и более. Не стоит рассматривать L3-коммутаторы, так как дополнительный функционал, который отличает их от коммутаторов, работающих на втором уровне модели OSI, уже присутствует на маршрутизаторе.

Согласно этим критериями была выбрана модель Aruba CX 6000 48G 4SFP Switch (R8N86A) [8], с МРПС равной 2,329$. Маршрутизатор имеет следующие технические характеристики [9]:

1. 48x ports 10/100/1000BASE-T Ports 4x 1G/1G SFP ports

2. Fixed fans

3. CPU Dual Core ARM Cortex A9 @ 1016 Mhz

4. Memory and Flash 4 GB DDR3 16 GB eMMC

5. Packet Buffer 12.38MB (4.5MB Ingress/7.875MB Egress)

6. Model Switching Capacity 104 Gbps

7. Model Throughput Capacity 77.3 Mpps

8. Switched Virtual Interfaces (dual stack) 16

9. AOS-CX OS.

## 3.6 Выбор модели беспроводной точки доступа

Так как на этаж предусмотрено две беспроводных точки доступа, положим возможны использование Aruba 303 Series indoor Wi-Fi 5 access point [10], МРПС которой составляет 736$. Точка доступа обладает следующими характеристиками [11]:

## 3.7 Выбор модели сервера

## 3.8 Виртуальные локальные компьютерные сети

Для обеспечения безопасности сети, разграничения пользователей, организации QoS, предусмотрено использование VLAN. Ниже приведены предусмотренные виртуальные сети и их особенности.

### 3.8.1 Административный VLAN

Для управления сетевым оборудованием предусмотрен VLAN с номером 100. Доступ к данной подсети имеет только административная рабочая станция, с которой обеспечивается настройка. Используя его, можно получить доступ ко всему сетевому оборудованию и править его конфигурации.

### 3.8.2 Сервисный VLAN

Для принтеров и перспективных сервисных устройств предусмотрена отдельная виртуальная подсеть, доступ к которой может быть получен только с преподавательских рабочих станций. Для этой сети предусмотрен номер 101.

### 3.8.3 Преподавательский VLAN

Для преподавателей и работников кафедры предусмотрена отдельная подсеть с номером 10. Доступ к ней предусмотрен только для рабочих станций преподавателей и работников. Так как ширина полосы доступа в Интернет значительно ограничена технологией ADSL2+, требуется предусмотреть приоритизацию для трафика этого VLAN при доступе в Интернет.

### 3.8.4 Студенческий VLAN

Для студентов, использующих стационарные рабочие станции предусмотрен VLAN с номером 20. Так как ширина полосы доступа в Интернет значительно ограничена, требуется предусмотреть ограничения на доступ к развлекательным медиаресурсам, генерируемый которыми трафик может полностью занимать полосу доступа в Интернет, которая может быть необходима для работы преподавателей, которая имеет высший приоритет

### 3.8.5 Беспроводной VLAN

Предусмотрен для пользователей беспроводной сети. Так как сеть предусмотрена как гостевая, то есть получить доступ к ней можно без аутентификации и авторизации, на неё наложены ограничения в отношении доступа к другим частям локальной сети. Также дополнительно предусмотрены аналогичные студенческой подсети ограничения.

## 3.9 Внутренняя адресация

## 3.10 Внешняя адресация

# 4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРУКТУРИРОВАННОЙ КАБЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

[1] Официальный сайт Международного союза электросвязи [Электронный ресурс]. – G.992.5: Asymmetric digital subscriber line 2 transceivers (ADSL2)- Extended bandwidth ADSL2 (ADSL2plus) – Режим доступа: https://www.itu.int/rec/T-REC-G.992.5-200901-I/en – Дата доступа: 12.10.2022

[2] Официальный сайт Белорусского института системного анализа и информационного обеспечения научно-технической сферы [Электронный ресурс]. – Современные технологии реализации скоростных каналов связи на уровне «последней мили» – Режим доступа: http://belisa.org.by/ru/izd/stnewsmag/2\_2007/art9\_6\_2007.html – Дата доступа: 12.10.2022

[3] Официальный сайт компании Hewlett Packard Enterprise [Электронный ресурс]. – Networking | HPE Store US – Режим доступа: https://buy.hpe.com/us/en/networking/c/12883 – Дата доступа: 09.11.2022

[4] Официальный сайт компании TP-Link [Электронный ресурс]. – TD-8616 | ADSL2+ Modem – Режим доступа: https://www.tp-link.com/us/home-networking/dsl-modem-router/td-8616/ – Дата доступа: 09.11.2022

[5] Onliner [Электронный ресурс]. – DSL-модем TP-Link TD-8616 – Режим доступа: https://catalog.onliner.by/dslmodem/tp\_link/tptd8616/ – Дата доступа: 10.12.2022

[6] Официальный сайт компании Hewlett Packard Enterprise [Электронный ресурс]. – HPE FlexNetwork MSR1003 8S AC Router – Режим доступа: https://buy.hpe.com/us/en/networking/routers/modular-ethernet-routers/msr-modular-products/hpe-flexnetwork-msr1003-8s-ac-router/p/jh060a – Дата доступа: 09.11.2022

[7] Официальный сайт компании Hewlett Packard Enterprise [Электронный ресурс]. – HPE FlexNetwork MSR1000 Router Series – Режим доступа: https://www.hpe.com/psnow/doc/c04212582.pdf?jumpid=in\_pdp-psnow-qs – Дата доступа: 09.11.2022

[8] Официальный сайт компании Hewlett Packard Enterprise [Электронный ресурс]. – Aruba 6000 48G 4SFP Switch – Режим доступа: https://buy.hpe.com/emea\_europe/en/networking/switches/fixed-port-l3-managed-ethernet-switches/6000-switch-products/aruba-6000-48g-4sfp-switch/p/r8n86a – Дата доступа: 10.11.2022

[9] Официальный сайт компании Hewlett Packard Enterprise [Электронный ресурс]. – Aruba CX 6000 Switch Series – Режим доступа: https://www.hpe.com/psnow/doc/a50002592enw.pdf?jumpid=in\_pdp-psnow-qs – Дата доступа: 10.11.2022

[10] Официальный сайт компании Aruba Networks [Электронный ресурс]. – Aruba 303 Series indoor Wi-Fi 5 access point – Режим доступа: https://www.arubanetworks.com/products/wireless/access-points/indoor-access-points/303-series/ – Дата доступа: 11.11.2022

[11] Официальный сайт компании Aruba Networks [Электронный ресурс]. – Aruba 303 Series Access Points Data Sheet – Режим доступа: https://www.arubanetworks.com/resource/aruba-303-series-low-cost-802-11ac-wave-2-enterprise-access-points-data-sheet/ – Дата доступа: 11.11.2022

# ПРИЛОЖЕНИЕ А

(Обязательное)

Схема структурная

# ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(Обязательное)

Схема функциональная

# ПРИЛОЖЕНИЕ В

(Обязательное)

План этажа

# ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(Обязательное)

Перечень оборудования, изделий и материалов