|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| МИНОБРНАУКИ РОССИИ | | |
| Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  высшего образования  **«МИРЭА** – **Российский технологический университет»**  **РТУ МИРЭА** | | |

Институт Информационных технологий

Кафедра информационных технологий в атомной отрасли

**Курсовая работа**

по дисциплине «Системы связи в атомной отрасли»

|  |  |
| --- | --- |
| **Выполнили:**  Студенты группыИКБО-11-21 | Авдеев Илья Владимирович  Бурцев Игорь Игоревич  Резван Мурад Бехрузович |

МОСКВА 2024 г.

**Содержание**

[1 ВВОДНЫЕ ДАННЫЕ 4](#_Toc167947942)

[2 АНАЛИЗ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ 9](#_Toc167947943)

[3 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ 10](#_Toc167947944)

[3.1 Расчет распределения МФУ между зданиями 10](#_Toc167947945)

[3.2 Расчет количества сетевых устройств №1 13](#_Toc167947946)

[3.3 Расчет количества сетевых устройств №2 14](#_Toc167947947)

[3.4 Расчет количества сетевых устройств №3 14](#_Toc167947948)

[3.5 Расчет количества медных кабелей 15](#_Toc167947949)

[3.6 Расчет количества оптоволоконных кабелей 15](#_Toc167947950)

[3.7 Расчет количества дополнительных модулей SFP+ 10GE 18](#_Toc167947951)

[3.8 Расчет количества дополнительных модулей QSFP+ 40G 18](#_Toc167947952)

[3.9 Расчет стоимости используемого оборудования 19](#_Toc167947953)

[3.10 Расчет экономичности проекта 21](#_Toc167947954)

[4 ВЫВОДЫ 23](#_Toc167947955)

[Приложение А. Общий чертеж расположения зданий 24](#_Toc167947956)

[Приложение Б. Расчет расстояний между зданиями 25](#_Toc167947957)

[Приложение В. Общая структурная схема для всех зданий 27](#_Toc167947958)

[Приложение Г. Детальный чертеж подключений оборудования для Здания №1 28](#_Toc167947959)

[Приложение Д. Детальный чертеж подключений оборудования для Здания №2 29](#_Toc167947960)

[Приложение Е. Детальный чертеж подключений оборудования для Здания №3 30](#_Toc167947961)

[Приложение Ж. Детальный чертеж подключений оборудования для Здания №4 31](#_Toc167947962)

[Приложение З. Детальный чертеж подключений оборудования для Здания №5 32](#_Toc167947963)

[Приложение И. Детальный чертеж подключений оборудования для Здания №6 33](#_Toc167947964)

[Приложение К. Детальный чертеж подключений оборудования для Здания №7 34](#_Toc167947965)

[Приложение Л. Детальный чертеж подключений оборудования для Здания №8 35](#_Toc167947966)

[Приложение М. Детальный чертеж подключений оборудования для Здания №9 36](#_Toc167947967)

[Приложение Н. Детальный чертеж подключений оборудования для Здания №10 37](#_Toc167947968)

# 1 ВВОДНЫЕ ДАННЫЕ

В соответствии с выданным заданием проектной команде «Бетон» необходимо было произвести расчёты оборудования для последующей разработки решения.

В соответствии с заданием, необходимо подключить 500 АРМ пользователей, 30 МФУ, 100 серверов высокой нагрузки.

Список моделей оборудования приведен ниже:

1. Сетевое устройство №1 используемое как уровень доступа;

2. Сетевое устройство №2, используемое как уровень распределения (агрегации);

3. Сетевое устройство №3, используемое как уровень ядра.

Для реализации проекта используется трехуровневая иерархическая модель сети.

Данная модель определяет подход к проектированию сетей и включает в себя три логических уровня:

* уровень доступа
* уровень распределения/агрегации
* уровень ядра.

Для уровня ядра большое значение имеет его отказоустойчивость, поскольку сбой на этом уровне может привести к потере связности сети.

Уровень распределения, является связующим звеном между уровнями доступа и ядра. В зависимости от способа реализации, уровень распределения может выполнять следующие функции:

* обеспечение маршрутизации, качества обслуживания и безопасности сети;
* агрегирование каналов;
* переход от одной технологии к другой (например, от 100BASE-TX к 1000BASE-T).

Уровень доступа управляет доступом пользователей и рабочих групп к ресурсам объединенной сети. Основной задачей уровня доступа является создание точек входа/выхода АРМ в локальную сеть. Уровень выполняет следующие функции:

* + управление доступом пользователей, фильтрация трафика, обеспечение качества обслуживания (QoS);
  + сегментация;
  + подключение рабочих групп к уровню распределения;
  + использование технологии коммутируемых локальных сетей.

**Анализ сетевых устройств**

Сетевое устройство №1, используемое в проекте, представляет собой многофункциональный коммутатор, предназначенный для обеспечения подключения большого количества устройств к сети. Оно оснащено следующими интерфейсами и характеристиками:

* + 48 портов 10/100/1000BASE-T (RJ-45): Эти порты позволяют подключать АРМ пользователей, МФУ и другие устройства через стандартные медные кабели RJ-45. Это обеспечивает универсальность подключения и поддержку широкого спектра сетевых устройств.
  + 4 порта 1000BASE-X(SFP)/10GBASE-R(SFP+): Эти порты предназначены для высокоскоростной коммутации между сетевым оборудованием, используя оптические кабели типа ОПТИКА. С помощью адаптеров SFP+ 10GE можно обеспечить соединение на расстояние до 20 км, что идеально подходит для связи между зданиями или различными сегментами сетевой инфраструктуры.
  + 1 консольный порт RS-232 (RJ-45): Этот порт используется для управления и настройки коммутатора, обеспечивая возможность локального доступа к устройству для конфигурации и диагностики.

Сетевое устройство №1 обладает высокой производительностью, включая пропускную способность 176 Гбит/с и поддержку большого количества MAC-адресов, ARP-записей, VLAN и других сетевых функций. Это делает его идеальным выбором для использования в качестве коммутатора доступа в сетевой инфраструктуре, где требуется подключение большого количества устройств с поддержкой различных сетевых стандартов и протоколов. Объемы памяти, такие как 2 Мбайт буферной памяти, 512 Мбайт ОЗУ (DDR3) и 64 Мбайт ПЗУ (SPI Flash), обеспечивают надежную и эффективную обработку сетевого трафика, поддерживая высокую производительность и стабильность работы сети.

Сетевое устройство №2, задействованное в проекте, представляет собой высокопроизводительный коммутатор, предназначенный для обеспечения высокой пропускной способности и масштабируемости сети. Оно оснащено следующими интерфейсами и характеристиками:

* + 48 портов 10GBASE-R (SFP+)/1000BASE-X (SFP): Эти порты позволяют подключать другие сетевые устройства или серверы высокой нагрузки с использованием оптических кабелей типа ОПТИКА. Адаптеры SFP+ 10GE и QSFP+ 40G обеспечивают высокоскоростную передачу данных на расстояние до 20 км, что идеально подходит для связи между зданиями или различными сегментами сетевой инфраструктуры.
  + 4 порта 40GBASE-SR4/LR4 (QSFP+): Эти порты предназначены для ультравысокоскоростной коммутации, обеспечивая передачу данных с пропускной способностью до 40 Гбит/с. Это позволяет подключать высокопроизводительные серверы и другие ключевые узлы сетевой инфраструктуры, требующие высокой пропускной способности.
  + 1 порт 10/100/1000BASE-T (OOB) и 1 порт USB 2.0: Эти порты используются для управления и диагностики устройства, а также для подключения внешних устройств, таких как USB-накопители или другие периферийные устройства.
  + 1 консольный порт RS-232 (RJ-45): Этот порт обеспечивает возможность локального доступа к устройству для конфигурации и диагностики.

Сетевое устройство №2 обладает высокой производительностью, включая пропускную способность 1,28 Тбит/с и поддержку большого количества MAC-адресов, ARP-записей, VLAN и других сетевых функций. Это делает его идеальным выбором для использования в качестве коммутатора агрегации или ядра сети, где требуется обработка большого объема трафика и обеспечение связи между различными сегментами сетевой инфраструктуры. Объемы памяти, такие как 9 Мбайт буферной памяти, 4 Гбайт ОЗУ (DDR3) и 8 Гбайт ПЗУ (SATA SSD), обеспечивают надежную и эффективную обработку сетевого трафика, поддерживая высокую производительность и стабильность работы сети.

Сетевое устройство №3, задействованное в проекте, представляет собой высокопроизводительное оборудование, предназначенное для обеспечения высокой пропускной способности и масштабируемости сети. Оно оснащено следующими интерфейсами:

* + 1 порт 10/100/1000BASE-T (OOB) для управления и диагностики устройства через стандартные медные кабели RJ-45.
  + 2 порта 10GBASE-R (SFP+) для высокоскоростной коммутации с использованием оптических кабелей типа ОПТИКА, что позволяет подключать другие сетевые устройства или серверы высокой нагрузки с использованием адаптеров SFP+ 10GE.
  + 32 порта 40GBASE-R (QSFP+)/100GBASE-R (QSFP28) для обеспечения ультравысокоскоростных соединений между ключевыми узлами сетевой инфраструктуры, такими как другие коммутаторы ядра или агрегации, а также для подключения серверов высокой нагрузки. Эти порты позволяют использовать оптические кабели для передачи данных на большие расстояния с высокой пропускной способностью.

Устройство также оснащено 1 портом USB 2.0 для подключения внешних устройств и 1 консольным портом RS-232 (RJ-45) для управления и настройки устройства.

Сетевое устройство №3 играет центральную роль в сетевой инфраструктуре, обеспечивая высокую пропускную способность, масштабируемость и надежность сети. Оно идеально подходит для использования в качестве ядра сети, где требуется обработка большого объема трафика и обеспечение связи между различными сегментами сети.

**Анализ соединительных кабелей**

В соответствии с требованиями, сервера высокой нагрузки подключаются только через кабель типа ОПТИКА, с использованием модулей QSFP+ 40G.

В соответствии с требованиями, АРМ и МФУ подключаются через кабели типа МЕДЬ через порт 1000BASE-T.

Коммутаторы первого и второго уровня соединяются между собой кабелями типа ОПТИКА с использованием модулей SFP+ 10GE. Коммутаторы второго и третьего уровней соединяются между собой кабелями типа ОПТИКА с использованием модулей QSFP+ 40G.

# 2 АНАЛИЗ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Общий чертеж расположения зданий с указанием расстояний между ними представлен в Приложении А. Расчет расстояний между зданиями приведен в Приложении Б.

Общая структурная схема для всех зданий представлена в Приложении В.

Детальные чертежи подключений оборудования для каждого из зданий представлены в Приложениях Г-Н.

В соответствии с требованиями проекта корневая коммутация должна быть реализована в модуле «Ядро», все коммутаторы ядра должны располагаться в Здании №8.

Коммутаторы агрегации не могут располагаться в здании с модулем «Ядро». Для обеспечения экономичности и надежности расположения устройств было решено расположить коммутаторы агрегации в Зданиях №3 и №7.

В соответствии с требованиями проекта не менее 20% серверов должно располагаться не в Здании №8 с модулем «Ядро», поэтому было решено расположить 20 серверов в Здании №7, а оставшиеся 80 – в Здании №8.

# 3 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

В соответствии с требованиями, разработка локальной вычислительной сети должна быть экономически выгодна. Для обоснования экономической выгоды были произведены следующие расчёты, с учетом нехватки или избытка предоставленного оборудования:

Затраты на дополнительную закупку оборудования исходят из количества оборудования и модулей, которое необходимо дополнительно использовать для реализации поставленной задачи. В рамках задачи имеется следующее количество оборудования:

Сетевые устройства №1 – 12 шт

Сетевые устройства №2 – 4 шт

Сетевые устройства №3 – 5 шт

В рамках проекта необходимо организовать подключение 500 АРМ, 100 Серверов высокой нагрузки, 30 МФУ.

Количество АРМ пользователей по зданиям:

1. 40 шт

2. 60 шт

3. 73 шт

4. 27шт

5. 89шт

6. 11 шт

7. 150 шт

8. 10 шт

9. 18 шт

10. 22 шт

## 3.1 Расчет распределения МФУ между зданиями

В соответствии с требованиями проекта необходимо обеспечить подключение 5 АРМ к 1 МФУ через единый коммутатор. Поскольку подключить все АРМ к МФУ невозможно ввиду ограниченного количества МФУ, принято решение распределить МФУ между зданиями так, чтобы доля подключенных АРМ в среднем была одинаковой (формула 1).

, (1)

где – доля подключенных АРМ в здании,

– количество АРМ, подключаемых к 1 МФУ,

– количество выделенных на проект МФУ,

– количество выделенных на проект АРМ.

Подставим значения в формулу 1 и проведем расчеты:

. (1.1)

Таким образом, число подключенных к МФУ АРМ в здании должно составлять в среднем 30%.

Рассчитаем количество МФУ в каждом здании по формуле 2:

, (2)

где – количество МФУ в здании,

– количество АРМ в здании.

Подставим значения в формулу 2 и проведем расчеты:

(2.1)

(2.2)

(2.3)

(2.4)

(2.5)

(2.6)

(2.7)

(2.8)

(2.9)

(2.10)

Полученные значения будем округлять в большую сторону. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Расчет распределения МФУ по зданиям

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Здание, №** | **АРМ, шт.** | **Расчетное значение** | **МФУ, шт.** |
| 1 | 40 | 2.4 | 3 |
| 2 | 60 | 3.6 | 4 |
| 3 | 73 | 4.38 | 5 |
| 4 | 27 | 1.62 | 2 |
| 5 | 89 | 5.34 | 6 |
| 6 | 11 | 0.66 | 1 |
| 7 | 150 | 9 | 9 |
| 8 | 10 | 0.6 | 1 |
| 9 | 18 | 1.08 | 2 |
| 10 | 22 | 1.32 | 2 |

Рассчитанное таким способом количество МФУ составляет 35 штук, что превышает количество выделенных устройств на 5. В связи с чем было принято решение сбалансировать распределение МФУ по зданиям следующим образом:

* В Здании №3 – 4 МФУ;
* В Здании №4 – 1 МФУ;
* В Здании №5 – 5 МФУ;
* В Здании №6 – 1 МФУ;
* В Здании №8 – 1 МФУ;
* В Здании №9 – 1 МФУ;
* В Здании №10 – 1 МФУ.

В таблице 2 приведено итоговое распределение АРМ и МФУ по зданиям.

Таблица 2 – Распределение АРМ и МФУ по зданиям

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Здание, №** | **АРМ, шт.** | **МФУ, шт.** | **Всего устройств, шт.** |
| 1 | 40 | 3 | 43 |
| 2 | 60 | 4 | 64 |
| 3 | 73 | 4 | 77 |
| 4 | 27 | 1 | 28 |
| 5 | 89 | 5 | 94 |
| 6 | 11 | 1 | 12 |
| 7 | 150 | 9 | 159 |
| 8 | 10 | 1 | 11 |
| 9 | 18 | 1 | 19 |
| 10 | 22 | 1 | 23 |

## 3.2 Расчет количества сетевых устройств №1

Рассчитаем количество необходимых сетевых устройств уровня доступа для подключения к ним АРМ и МФУ.

Расчет будем проводить по формуле 3:

, (3)

где – количество сетевых устройств №1,

– общее количество АРМ и МФУ в здании,

– количество портов типа 1000BASE-T на сетевом устройстве №1.

Подставим значения и проведем расчеты по формуле 3, округляя до большего целого значения:

= 0,895 = 1 (3.1)

= 1,333 = 2 (3.2)

= 1,604 = 2 (3.3)

= 0,583 = 1 (3.4)

= 1,958 = 2 (3.5)

= 0,25 = 1 (3.6)

= 3,313 = 4 (3.7)

= 0,229 = 1 (3.8)

= 0,396 = 1 (3.9)

= 0,479 = 1 (3.10)

Рассчитаем общее количество сетевых устройств №1:

, (4)

где – общее количество сетевых устройств №1.

Исходя из результатов расчета видно, что выделенных 12 сетевых устройств №1 будет недостаточно для подключения всех АРМ и МФУ, в связи с чем необходимо провести закупку еще 4 сетевых устройств №1.

## 3.3 Расчет количества сетевых устройств №2

Рассчитаем количество устройств уровня агрегации по формуле 5:

, (5)

где – количество сетевых устройств №2,

– количество портов типа х10GBASE-R(SFP+)/1000BASE-X(SFP) на сетевом устройстве №2.

Подставим значения в формулу 5 и проведем расчеты:

(5.1)

В соответствии с требованиями к проекту необходимо обеспечить резервирование каждого подключения, в связи с чем нужно использовать 2 сетевых устройства №2. Таким образом, = 2.

## 3.4 Расчет количества сетевых устройств №3

Рассчитаем количество сетевых устройств уровня ядра по формуле 6:

(6)

где – количество сетевых устройств №3,

– количество выделенных серверов высокой нагрузки,

– количество портов типа 40GBASE-R (QSFP+)/100GBASE-R (QSFP28) на сетевом устройстве №3.

Подставим значения в формулу 6 и проведем расчеты:

. (6.1)

Таким образом, для постройки ЛВС необходимо использовать 4 коммутатора уровня ядра. В добавлении дополнительных коммутаторов для обеспечения резервирования нет необходимости, так как с данным количеством возможно реализовать резервирование.

## 3.5 Расчет количества медных кабелей

Кабели типа МЕДЬ используются для соединения АРМ и МФУ с коммутаторами доступа через порт RJ-45.

Рассчитаем длину используемых кабелей типа МЕДЬ по формуле 7:

, (7)

где – общая длина кабеля типа МЕДЬ,

– принятая закладка кабеля внутри здания, равная 100 м на каждое устройство в соответствии с требованиями к проекту.

Подставим значения в формулу 7 и проведем расчеты:

. (7.1)

Таким образом, для подключения всех АРМ и МФУ в ЛВС требуется 53000 м кабеля типа МЕДЬ.

## 3.6 Расчет количества оптоволоконных кабелей

Кабели типа ОПТИКА используются для соединения системных устройств №1 и №2, системных устройств №2 друг с другом, системных устройств №2 и №3, системных устройств №3 и серверов высокой нагрузки. В таблице 3 представлено распределение всех устройств, использующих оптоволоконное соединение, по зданиям.

Таблица 3 – Устройства, использующие соединение кабелей типа ОПТИКА

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Здание, №** | **С.у. №1, шт.** | **С.у. №2, шт.** | **С.у. №3, шт.** | **Серверы ВН, шт.** |
| 1 | 1 | - | - | - |
| 2 | 2 | - | - | - |
| 3 | 2 | 1 | - | - |
| 4 | 1 | - | - | - |
| 5 | 2 | - | - | - |
| 6 | 1 | - | - | - |
| 7 | 4 | 1 | - | 20 |
| 8 | 1 | - | 4 | 80 |
| 9 | 1 | - | - | - |
| 10 | 1 | - | - | - |

Количество кабелей, входящих в коммутатор агрегации в Здании №3:

* 16 кабелей от коммутаторов доступа, из них:
  + 2 кабеля внутри здания;
  + 8 кабелей из соседних зданий;
  + 1 кабель из здания на расстоянии La;
  + 2 кабеля из зданий на расстоянии Lb;
  + 2 кабеля из зданий на расстоянии Lc;
  + 1 кабель из здания на расстоянии Ld;
* 1 кабель от коммутатора агрегации в соседнем здании;
* 2 кабеля от коммутаторов ядра в здании на расстоянии 142 м.

В соответствии с требованиями проекта закладка кабеля внутри здания составляет 100 м, расстояние между соседними зданиями – 100 м, остальные расстояния получены в Приложении Б.

Рассчитаем общую длину кабелей типа ОПТИКА, подключенных к коммутатору агрегации в Здании 3, по формуле 8:

, (8)

где – общая длина кабелей тип ОПТИКА, подключенных к коммутатору агрегации в Здании 3,

– расстояние между соседними зданиями,

, , , – расстояния между прочими зданиями, указанные в Приложении Б.

Подставим значения в формулу 8 и проведем расчеты:

, (8.1)

Количество кабелей, входящих в коммутатор агрегации в Здании №7:

* 16 кабелей от коммутаторов доступа, из них:
  + 4 кабеля внутри здания;
  + 4 кабелей из соседних зданий;
  + 6 кабелей из здания на расстоянии La;
  + 2 кабеля из зданий на расстоянии Lc.
* 1 кабель от коммутатора агрегации в соседнем здании уже учтен;
* 2 кабеля от коммутаторов ядра в соседнем здании.

Рассчитаем общую длину кабелей типа ОПТИКА, подключенных к коммутатору агрегации в Здании 7, по формуле 9:

, (9)

где – общая длина кабелей тип ОПТИКА, подключенных к коммутатору агрегации в Здании 7,

Подставим значения в формулу 9 и проведем расчеты:

, (9.1)

Количество кабелей, входящих в коммутаторы ядра в Здании №8:

* 2 кабеля от коммутатора агрегации учтены;
* 3 кабеля от коммутаторов ядра внутри здания;
* 100 кабелей от серверов высокой нагрузки, из них:
  + 80 кабелей внутри здания;
  + 20 кабелей от соседнего здания.

Рассчитаем общую длину кабелей типа ОПТИКА, подключенных к коммутаторам ядра в Здании 8, по формуле 10:

, (10)

где – общая длина кабелей тип ОПТИКА, подключенных к коммутаторам ядра в Здании 8,

Подставим значения в формулу 10 и проведем расчеты:

м. (10.1)

Рассчитаем длину используемых кабелей типа ОПТИКА по формуле 11:

, (11)

где – общая длина используемых кабелей.

Подставим значения в формулу 11 и проведем расчеты:

(11.1)

## 3.7 Расчет количества дополнительных модулей SFP+ 10GE

В каждой связи между сетевыми устройствами №1 и №2 используется два модуля SFP+ 10GE. Каждое сетевое устройство №1 соединено с каждым сетевым устройством №2.

Рассчитаем количество модулей SFP+ 10GE по формуле 12:

, (12)

где – количество используемых SFP+ 10GE модулей.

Подставим значения в формулу 12 и проведем расчеты:

(12.1)

## 3.8 Расчет количества дополнительных модулей QSFP+ 40G

Модули QSFP+ 40G используются в соединениях между:

* Двумя коммутаторами агрегации (1);
* Коммутаторами агрегации и коммутаторами ядра (4);
* Четырьмя коммутаторами ядра (3);
* 100 серверами высокой нагрузки и коммутаторами ядра (100).

Рассчитаем количество модулей QSFP+ 40G по формуле 13:

, (13)

где – количество используемых QSFP+ 40G модулей,

– количество серверов высокой нагрузки.

Подставим значения в формулу 13 и проведем расчеты:

. (13.1)

## 3.9 Расчет стоимости используемого оборудования

Сведем все расчеты количества оборудования в единую таблицу 4.

Таблица 4 – Количество используемого оборудования

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№** | **Тип оборудования** | **Количество оборудования** | **Цена за единицу, руб.** |
| 1 | Сетевое оборудование №1, шт. | 16 | 167947 |
| 2 | Сетевое оборудование №2, шт. | 2 | 2531250 |
| 3 | Сетевое оборудование №3, шт. | 4 | 4031115 |
| 4 | SFP+ 10GE модуль, 20 км, SM, 2 волокна, шт. | 64 | 1759 |
| 5 | QSFP+ 40G модуль, 10 км, SM, 2 волокна, шт. | 216 | 24895 |
| 6 | Кабель типа МЕДЬ, м | 53000 | 20 |
| 7 | Кабель типа ОПТИКА, м | 20040 | 40 |

Рассчитаем стоимость сетевых устройств №1 по формуле 14:

, (14)

где – общая стоимость сетевых устройств №1,

– цена за единицу сетевого устройства №1.

Подставим значения в формулу 14 и проведем расчеты:

(14.1)

Рассчитаем стоимость сетевых устройств №2 по формуле 15:

, (14)

где – общая стоимость сетевых устройств №2,

– цена за единицу сетевого устройства №2.

Подставим значения в формулу 15 и проведем расчеты:

(15.1)

Рассчитаем стоимость сетевых устройств №3 по формуле 16:

, (14)

где – общая стоимость сетевых устройств №3,

– цена за единицу сетевого устройства №3.

Подставим значения в формулу 16 и проведем расчеты:

(16.1)

Рассчитаем стоимость модулей SFP+ 10GE по формуле 17:

, (17)

где – общая стоимость модулей SFP+ 10GE,

– цена за единицу модуля SFP+ 10GE.

Подставим значения в формулу 17 и проведем расчеты:

(17.1)

Рассчитаем стоимость модулей QSFP+ 40G по формуле 17:

, (17)

где – общая стоимость модулей QSFP+ 40G,

– цена за единицу модуля QSFP+ 40G.

Подставим значения в формулу 17 и проведем расчеты:

(17.1)

Рассчитаем стоимость кабелей типа МЕДЬ по формуле 18:

, (18)

где – общая стоимость кабелей типа МЕДЬ,

– цена за метр кабеля типа МЕДЬ.

Подставим значения в формулу 18 и проведем расчеты:

(18.1)

Рассчитаем стоимость кабелей типа ОПТИКА по формуле 19:

, (19)

где – общая стоимость кабелей типа ОПТИКА,

– цена за метр кабеля типа ОПТИКА.

Подставим значения в формулу 19 и проведем расчеты:

(19.1)

Сведем все расчеты стоимости оборудования в единую таблицу 5.

Таблица 5 – Стоимость используемого оборудования

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№** | **Тип оборудования** | **Стоимость, руб.** |
| 1 | Сетевое оборудование №1 |  |
| 2 | Сетевое оборудование №2 |  |
| 3 | Сетевое оборудование №3 |  |
| 4 | SFP+ 10GE модуль, 20 км, SM, 2 волокна |  |
| 5 | QSFP+ 40G модуль, 10 км, SM, 2 волокна |  |
| 6 | Кабель типа МЕДЬ |  |
| 7 | Кабель типа ОПТИКА |  |
| Итого: | | 28850260 |

## 3.10 Расчет экономичности проекта

В соответствии с требованиями проекта, количество сетевых устройств №1, №2 и №3 составляло 12, 4 и 5 штук соответственно. В текущем проектном решении используется на 4 сетевых устройства №1 больше плана и на 2 и 1 сетевых устройства №2 и №3 меньше плана.

Рассчитаем сэкономленную сумму по формуле 20:

, (20)

где – сэкономленная сумм,

– количество неиспользованных сетевых устройств №2,

– количество неиспользованных сетевых устройств №3,

– количество переиспользованных сетевых устройств №1.

Подставим значения в формулу 20 и проведем расчеты:

(20.1)

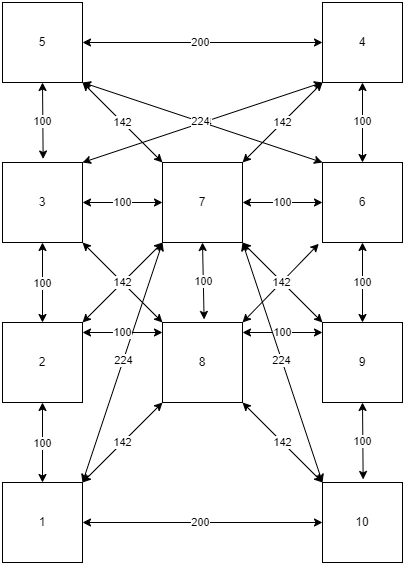
# 4 ВЫВОДЫ

В ходе данной курсовой работы было осуществлено планирование расположения зданий ЛВС «Атомск» и расчитаны расстояния между ними. Также было распланировано распределение необходимого для размещения оборудования между этими зданиями.

Были проведены расчеты количества необходимого оборудования и его стоимости, а также определена стоимость проекта.

Затраты при разработке проекта были оптимизированы, в результате чего удалось достичь экономии в 8 421 827 рублей.

# Приложение А. Общий чертеж расположения зданий



# Приложение Б. Расчет расстояний между зданиями

Расположение зданий и расчет расстояний между ними проводится следующим образом:

Сначала разместим здания, соседние друг с другом: Здания №1, №2, №3, №5 и Здания №4, №6, №9, №10. Расстояния между ними будут равны Lсос = 100 м в соответствии с требованиями к проекту.

Между двумя рядами этих зданий расположим здания 7 и 8 так, что Здание №7 является соседним с Зданием №3 и №6, а Здание №8 – соседнее с Зданием №2 и №9, Здание №7 и №8 также соседние. Расстояния между ними также равны Lсос = 100 м.

Из соображений планирования экономной раскладки кабелей и в соответствии с требованиями проекта Здание №8 является корневым с модулем «Ядра», а в Здании №3 и №7 было решено установить коммутаторы агрегации.

Теперь, когда расположение всех зданий установлено, можно рассчитать расстояния между другими зданиями. Все расстояния между зданиями, имеющими связь, указаны в таблице приложения Б.

Для использования в дальнейших расчетах рассчитаем и зафиксируем все используемые расстояния в качестве констант:

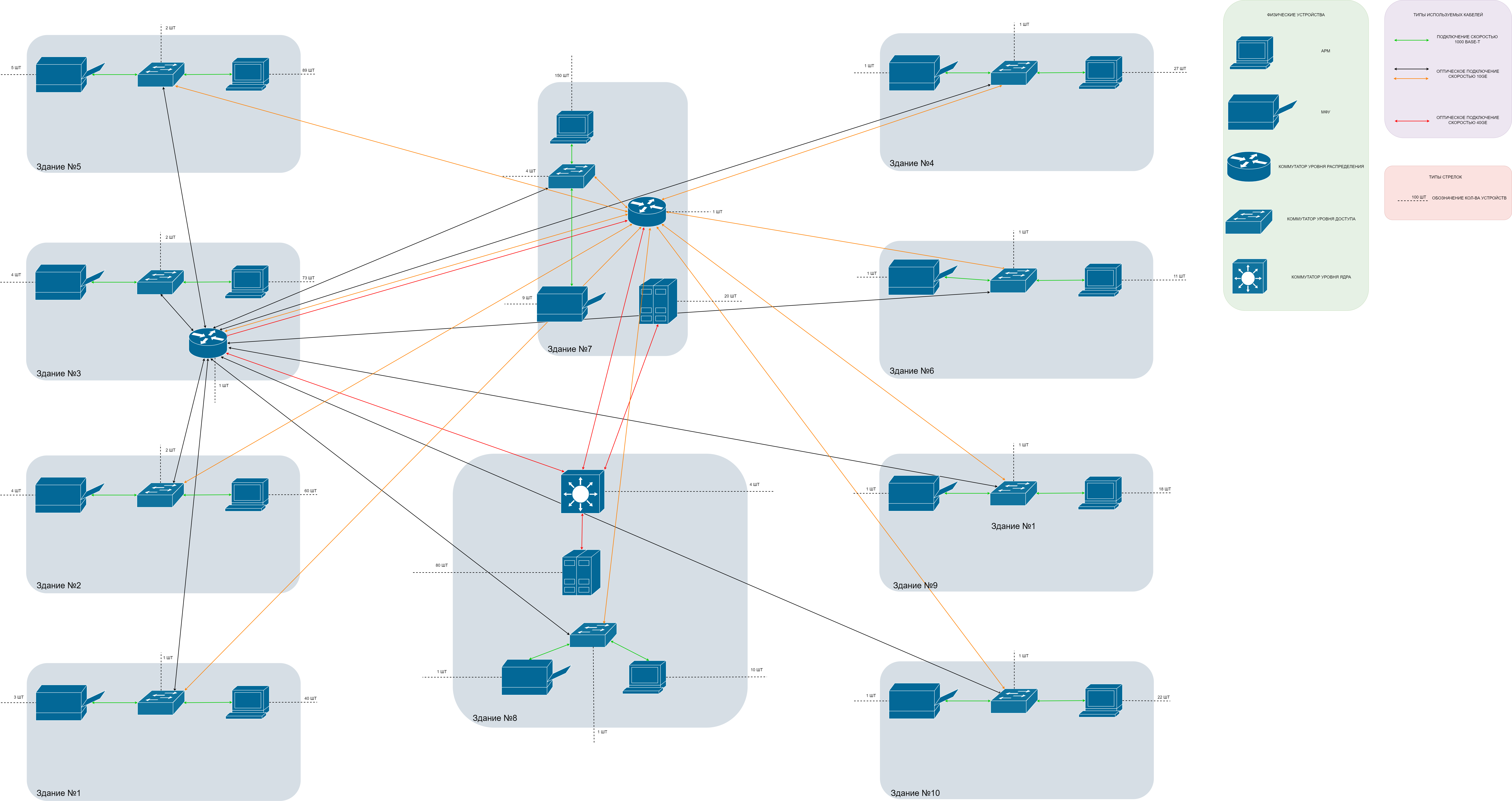
* Lсос = 100 м;
* La = = 142 м;
* Lb = 100+100 = 200 м;
* Lc = = 224 м;
* Ld = = 283 м.

**Приложение Б. Продолжение**

Таблица 1 Приложения Б

|  |  |
| --- | --- |
| **Связанные здания** | **Расстояние, м** |
| 3-1 | 200 |
| 3-2 | 100 |
| 3-4 | 224 |
| 3-5 | 100 |
| 3-6 | 200 |
| 3-7 | 100 |
| 3-8 | 142 |
| 3-9 | 224 |
| 3-10 | 283 |
| 7-1 | 224 |
| 7-2 | 142 |
| 7-4 | 142 |
| 7-5 | 142 |
| 7-6 | 100 |
| 7-8 | 100 |
| 7-9 | 142 |
| 7-10 | 224 |

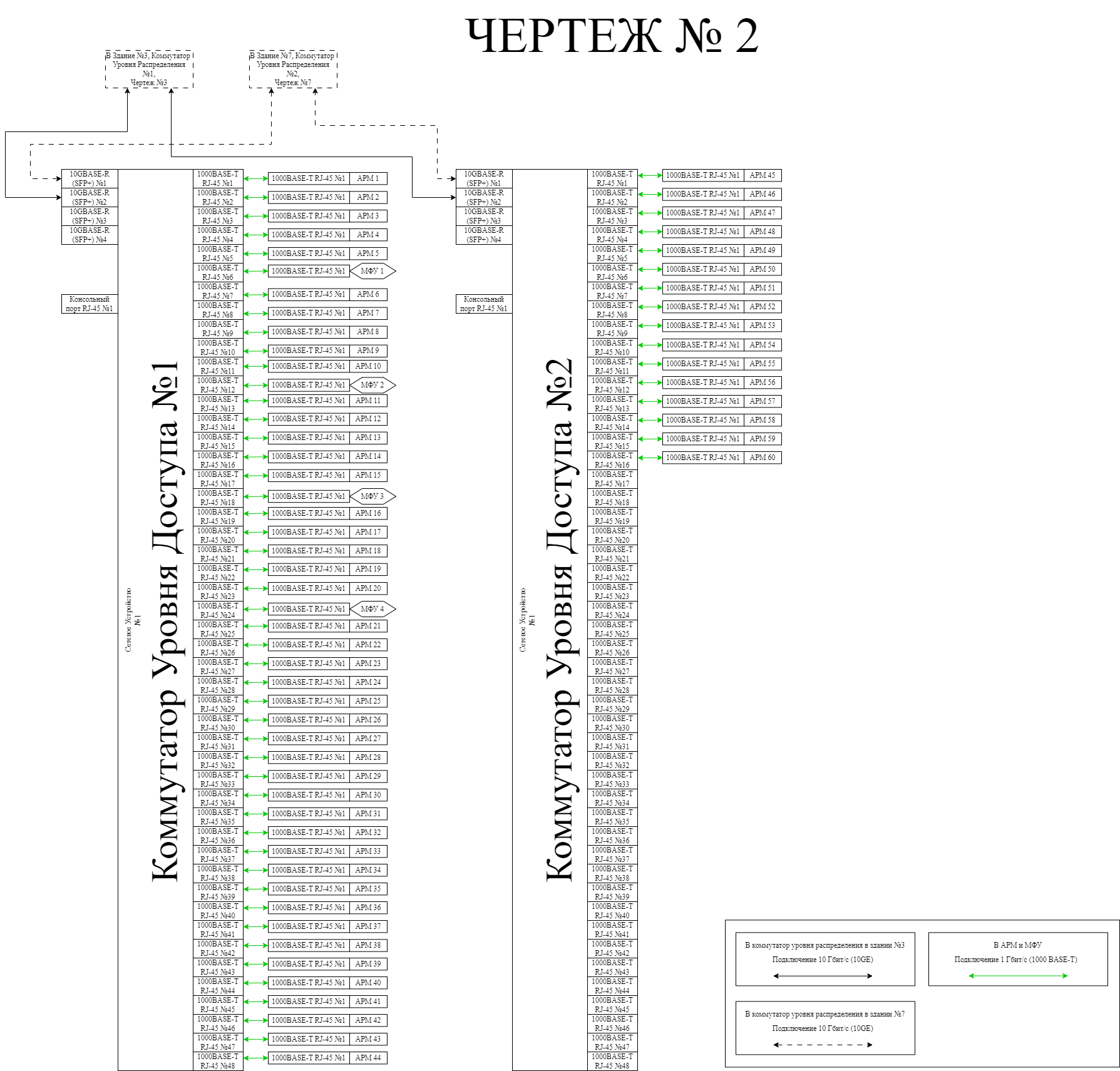
# Приложение В. Общая структурная схема для всех зданий



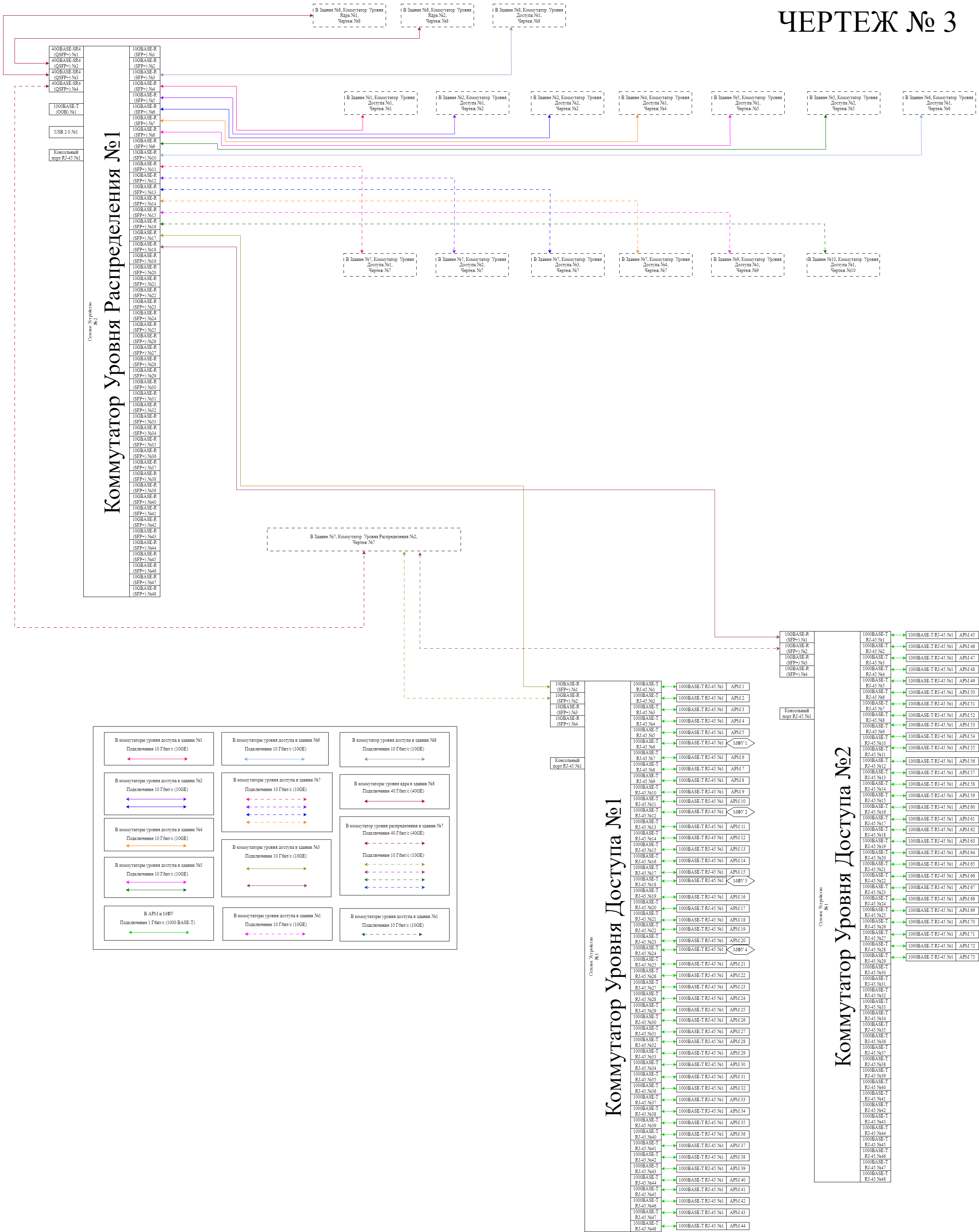
# Приложение Г. Детальный чертеж подключений оборудования для Здания №1



# Приложение Д. Детальный чертеж подключений оборудования для Здания №2



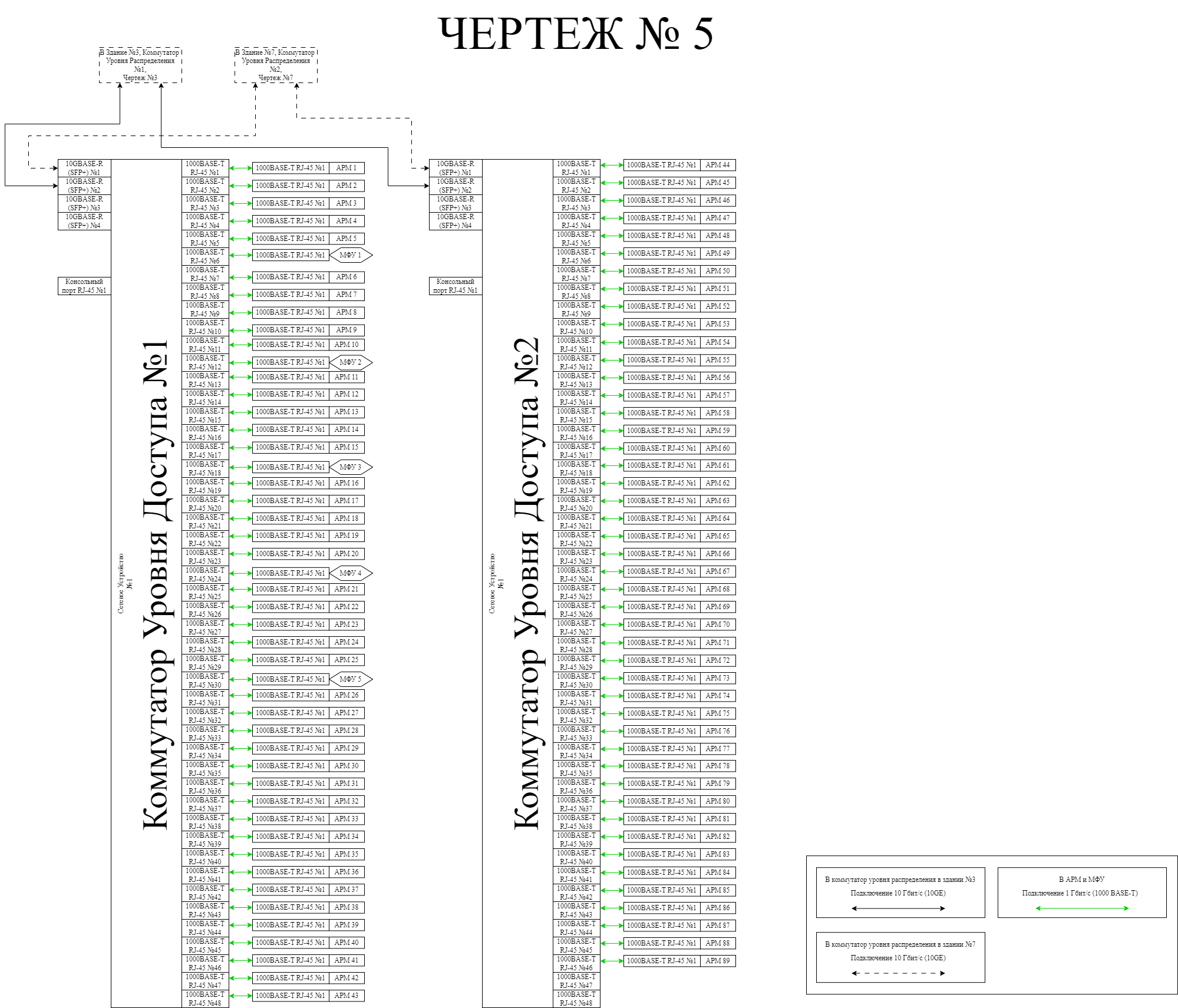
# Приложение Е. Детальный чертеж подключений оборудования для Здания №3



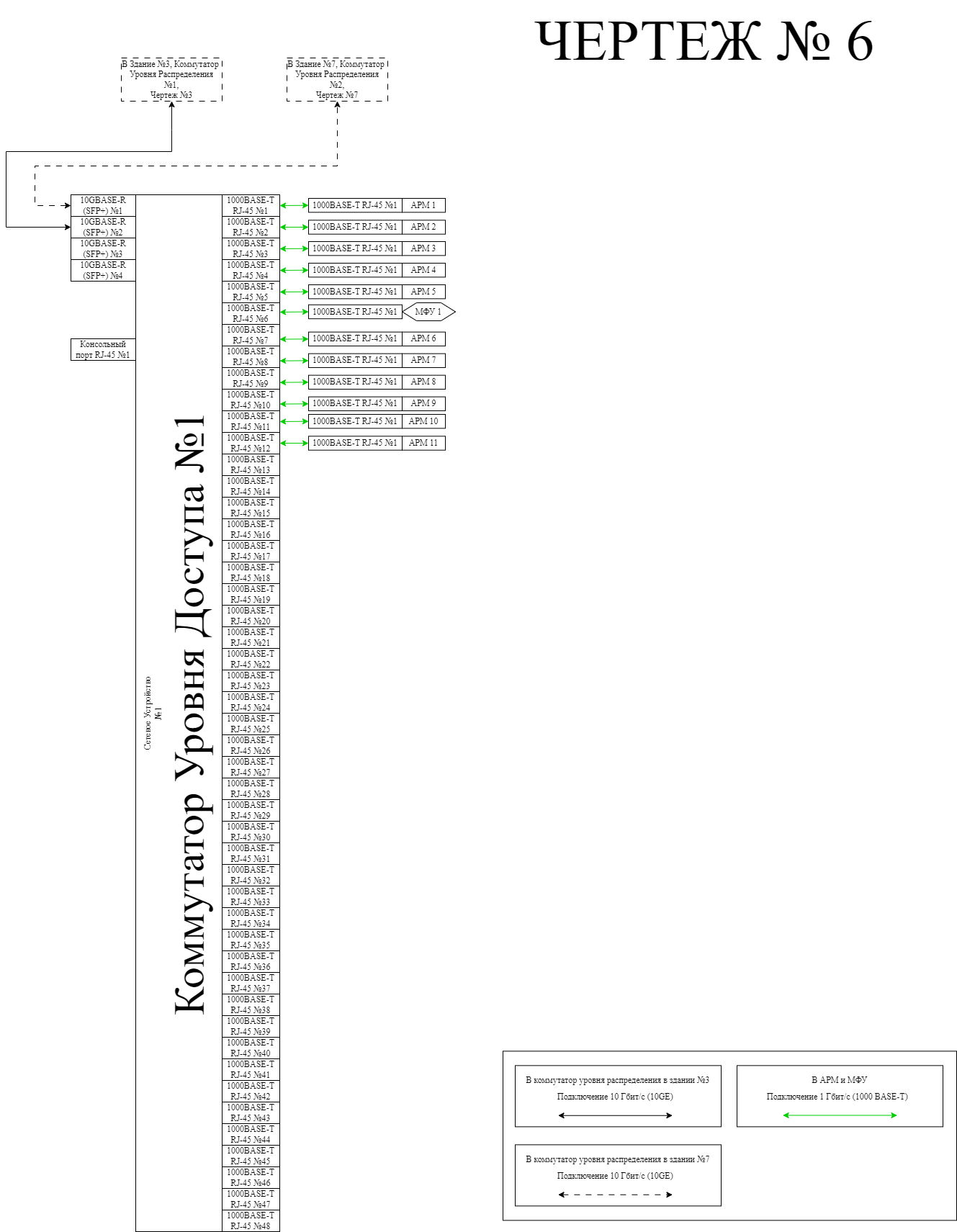
# Приложение Ж. Детальный чертеж подключений оборудования для Здания №4



# Приложение З. Детальный чертеж подключений оборудования для Здания №5



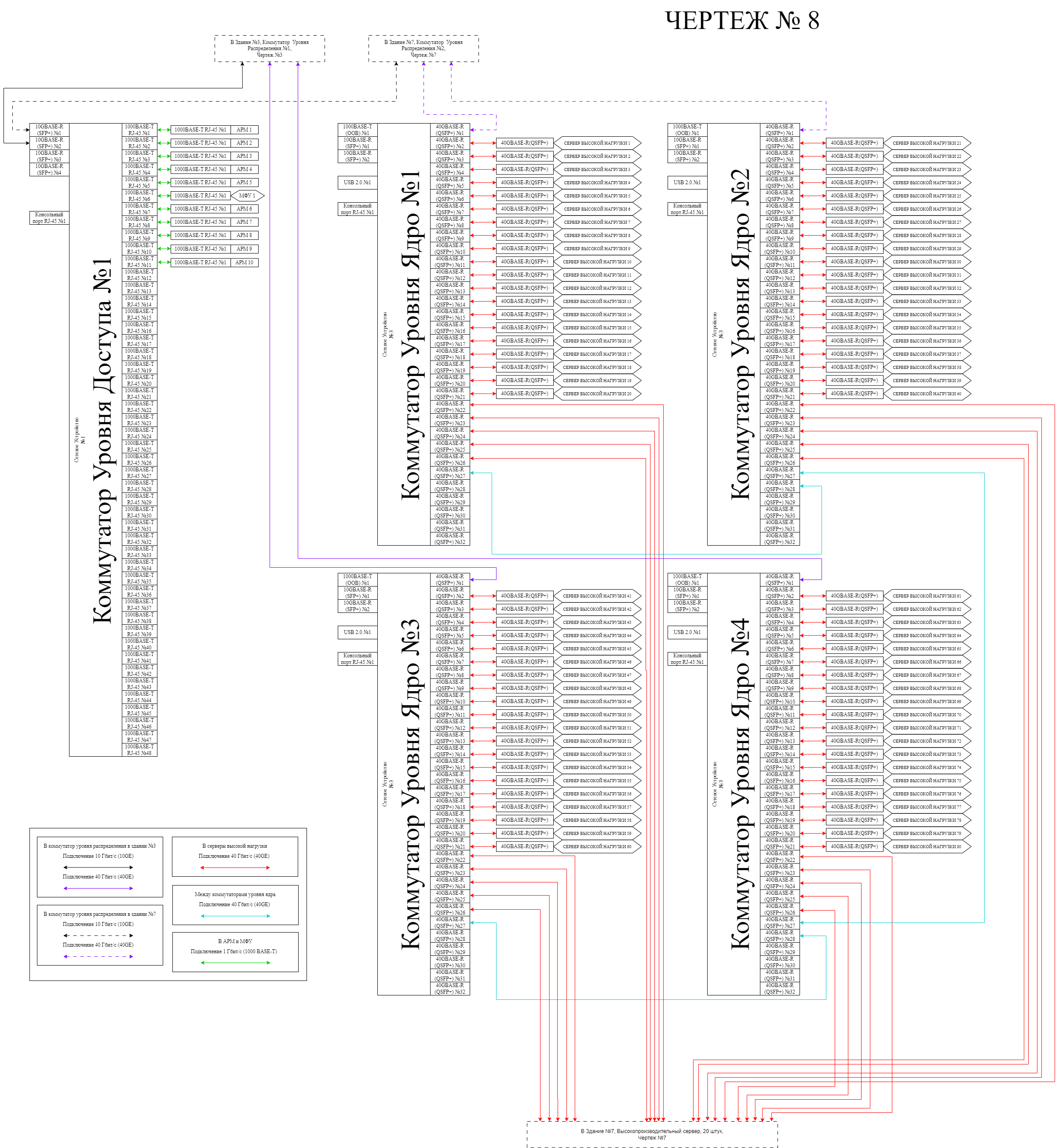
# Приложение И. Детальный чертеж подключений оборудования для Здания №6



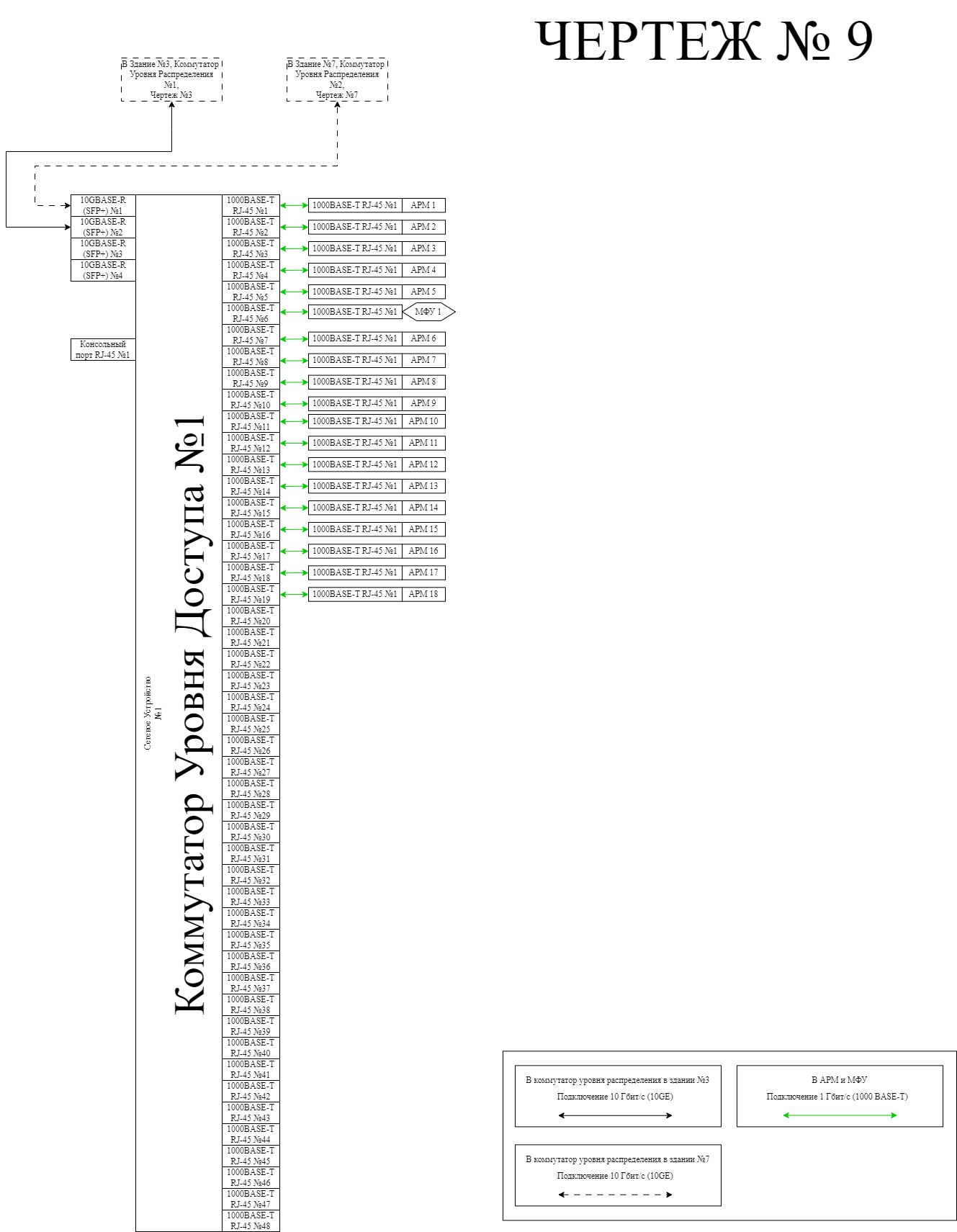
# Приложение К. Детальный чертеж подключений оборудования для Здания №7



# Приложение Л. Детальный чертеж подключений оборудования для Здания №8



# Приложение М. Детальный чертеж подключений оборудования для Здания №9



# Приложение Н. Детальный чертеж подключений оборудования для Здания №10

