

Утверждаю:

И/о генерального директора ЗАО

<< Ереванский метрополитен

имени К. Демирчяна >>



Седракян Б.С.

2025г.

Техническое Задание

на проектирование и внедрение структурированной оптоволоконной
транспортной сети передачи данных для объектов специального
назначения

Ереван, 2025г.

1 Оглавление

1. Общие положения	6
1.1. Наименование проекта	6
1.2. Основание для выполнения работ	6
1.3. Заказчик	6
1.4. Сроки выполнения работ	6
1.5. Подача заявок на конкурс	6
2. Назначение и цели проекта	7
2.1. Функциональное назначение	7
2.2. Основные задачи реализации	7
3. Требования к основным техническим решениям	9
4. Архитектура и уровни построения системы	10
4.1. Диспетчерский уровень	10
4.2. Станционный уровень	10
4.3. Топология сети	11
4.3.1. Организация связи	11
4.3.2. Диспетчерский уровень	12
4.3.3. Станционный уровень	12
5. Исходные технические данные и состав объектов проектирования	13
5.1. Общие характеристики системы	13
5.2. Расстояния между станциями	13
5.3. Дополнительные объекты подключения	13
5.4. Список объектов и расстояния от кроссовых узлов	14
6. Состав объектов и требования к подключаемым подсистемам	17
6.1. Состав объектов	17
6.2. Требования к подключению функциональных подсистем	17
7. Функциональные требования к подключению технологических подсистем	19
7.1. Автоматизированная система диспетчерского управления и контроля движением поездов	19
7.2. Автоматизированная система диспетчерского управления и контроля устройств электроснабжения	20
7.3. Автоматизированная система диспетчерского управления и контроля электромеханического оборудования	20
7.4. Поездная диспетчерская связь, энерго диспетчерская связь, электромеханическая диспетчерская связь	21
7.5. Поездная радиосвязь	21
7.6. Тоннельная связь	21
7.7. Административно-хозяйственная связь	22

7.8.	Громкоговорящая связь	22
7.9.	Видеонаблюдение	22
7.10.	Пожарная сигнализация	22
7.11.	Система контроля и выявления нарушений нижних габаритных размеров поездов	23
7.12.	Система контроля и выявления обогрева бус поездов	23
7.13.	Система сигнализации и оповещения о несанкционированном проходе в тоннели и шахты	23
7.14.	Система периметральной сигнализации и оповещения о несанкционированном доступе на наземные участки и территории Электродепо	24
8.	Требования к техническим средствам	25
8.1.	Требования к сетевому оборудованию	25
8.1.1.	Уровень управления (центральный уровень)	25
8.1.2.	Станционный уровень	33
8.2.	Требования к системе мониторинга и управления	36
8.3.	Требования к источникам бесперебойного питания	38
8.4.	Требования к кабельной инфраструктуре	38
8.4.1.	Оптоволоконные кабели	38
8.4.2.	Требования к оптическим кроссам и ODF	40
9.	Условия эксплуатации	42
9.1.	Уровень управления (диспетчерский уровень)	42
9.2.	Станционный уровень (уровень вестибюля и уровень платформы)	42
9.3.	Общие условия и размещение	42
10.	Требования к резервированию и отказоустойчивости	44
10.1.	Топология и канальное резервирование	44
10.2.	Резервирование активного оборудования	44
10.3.	Отказоустойчивость на уровне сервиса	45
10.4.	Целевые показатели надёжности	45
11.	Система мониторинга и управления	46
11.1.	Общие требования	46
11.2.	Функциональные возможности	46
11.3.	Интерфейс и доступ	46
11.4.	Надёжность и отказоустойчивость	47
12.	Требования к структурированной кабельной системе	48
12.1.	Общие положения	48
12.2.	Прокладка и трассировка	48
12.3.	Кроссы и коммутация	48
12.4.	Маркировка и документация	49

12.5.	Запасы и защита.....	49
13.	Эксплуатация и сопровождение	50
13.1.	Общие положения	50
13.2.	Обслуживание и регламентные работы.....	50
13.3.	Ремонт и поддержка	50
13.4.	Обучение персонала	50
13.5.	Резервный комплект оборудования (ЗИП).....	51
13.6.	Модернизация и расширение	51
14.	Требования к безопасности.....	52
14.1.	Электрическая и пожарная безопасность.....	52
14.2.	Защита от внешних воздействий.....	52
14.3.	Защита от несанкционированного доступа.....	52
14.4.	Соответствие международным стандартам.....	53
15.	Стандартизация и унификация.....	54
15.1.	Технические средства.....	54
15.2.	Программное обеспечение	54
15.3.	Унификация компонентов.....	54
15.4.	Минимизация номенклатуры.....	54
15.5.	Совместимость	55
16.	Этапы реализации проекта и порядок приёмки	56
16.1.	Этапы выполнения работ	56
16.2.	Порядок приёмки	56
16.3.	Условия завершения	57
17.	Требования к документации и отчётности	58
17.1.	Проектная документация.....	58
17.2.	Исполнительная документация	58
17.3.	Эксплуатационная документация.....	58
17.4.	Формат и структура	59
17.5.	Обновление и сопровождение	59
18.	Гарантийные обязательства	60
18.1.	Гарантийный срок.....	60
18.2.	Объём гарантийных обязательств	60
18.3.	Условия гарантии.....	60
18.4.	Сроки устранения неисправностей.....	60
18.5.	Постгарантийное обслуживание.....	60
19.	Требования к компании подрядчика	62

20.	Укрупнённый график поставок и выполнения работ по проектированию и внедрению структурированной оптоволоконной транспортной сети передачи данных для объектов Ереванского метрополитена имени Карена Демирчяна.....	63
-----	---	-----------

1. Общие положения

1.1. Наименование проекта

Проектирование и внедрение структурированной оптоволоконной транспортной сети передачи данных для объектов Ереванского метрополитена имени Карена Демирчяна.

1.2. Основание для выполнения работ

Работы выполняются в рамках мероприятий по модернизации информационно-технологической инфраструктуры метрополитена, направленных на обеспечение отказоустойчивой и масштабируемой транспортной среды для систем связи, диспетчеризации, видеонаблюдения и сигнализации.

1.3. Заказчик

Государственное унитарное предприятие «Ереванский метрополитен имени Карена Демирчяна».

1.4. Сроки выполнения работ

Начало работ: с даты подписания контракта, но не позднее «__» _____ 20__ г.

Окончание работ: не позднее 6 месяцев с момента начала.

1.5. Подача заявок на конкурс

В составе заявки на участие в конкурсе по проектированию и внедрению Системы участники должны представить подробное техническое предложение, в котором описываются технические и программные решения, с помощью которых планируется выполнение требований настоящего технического задания.

2. Назначение и цели проекта

Настоящее техническое задание определяет требования к проектированию и внедрению структурированной оптоволоконной транспортной сети передачи данных для объектов специального назначения Ереванского метрополитена имени Карена Демирчяна.

Система связи должна быть построена в целях обеспечения надежной, отказоустойчивой и масштабируемой телекоммуникационной инфраструктуры, предназначенной для круглосуточной передачи данных между зданием управления, станциями и электродепо.

2.1. Функциональное назначение

Проектируемая система должна обеспечивать бесперебойную и защищённую передачу данных для следующих подсистем метрополитена:

- автоматизированной системы диспетчерского управления движением поездов;
- системы диспетчеризации электроснабжения;
- системы контроля и управления электромеханическим оборудованием;
- поездной, энергодиспетчерской и тоннельной связи;
- громкоговорящей и административно-хозяйственной связи;
- системы видеонаблюдения (включая вестибюльный и платформенный уровни);
- охранной и пожарной сигнализации;
- подсистем контроля габаритов подвижного состава и температурного режима букс;
- систем периметральной и шахтной охраны от несанкционированного доступа.

Каждая из подсистем должна быть физически или логически изолирована в пределах транспортной сети и подключена с использованием зарезервированных интерфейсов на уровне оборудования.

2.2. Основные задачи реализации

В рамках выполнения работ по проектированию и внедрению Системы Исполнитель должен обеспечить:

- построение кольцевой оптоволоконной магистрали с резервированием каналов связи;
- логическую сегментацию каналов передачи данных по подсистемам;
- физическое и протокольное резервирование оборудования и соединений;
- организацию соединений с использованием стекуемых или резервированных коммутаторов;
- централизованное управление, мониторинг и диагностику сети с поддержкой SNMP, Syslog, sFlow и других отраслевых протоколов;

- внедрение средств защиты от несанкционированного доступа и отказов;
- возможность дальнейшего масштабирования системы без замены магистральной инфраструктуры.

Реализация проекта должна обеспечивать техническую готовность инфраструктуры к расширению и интеграции новых сервисов связи и автоматизации.

3. Требования к основным техническим решениям

Проектную документацию выполнить в соответствии требований по составлению проектной документации согласно ГОСТ Р 21.101-2020 Система проектной документации для строительства (основные требования к проектной документации) а так же требований ниже следующих инструкций, норм и правил:

- Правила технической эксплуатации метрополитенов (ПТЭ)
- Инструкции по сигнализации на метрополитенах
- Инструкции по движению и маневровой работе на метрополитенах
- Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей
- Правила пожарной безопасности на метрополитенах
- Правила техники безопасности при обслуживании, установке и ремонте устройств сигнализации и связи метрополитенов
- Инструкции о порядке производства работ посторонними организациями в эксплуатируемых сооружениях метрополитена
- СНиП 32-02-2003, Метрополитены
- СП 120.13330.2022, Метрополитены
- ГОСТ 24.104-2023 Автоматизированные системы управления (Общие требования)
- ГОСТ 51624 Автоматизированные системы в защищённом исполнении (Общие требования)
- ГОСТ Р 53246 Информационные технологии, Системы кабельные структурированные. Проектирование основных узлов системы. Общие требования
- ГОСТ Р 56555, Слаботочные системы, Кабельные системы, Кабелепроводы и помещения, (магистраль и промежуток для прокладки кабелей в помещениях пользователей телекоммуникационных систем)
- ГОСТ Р 52266, Кабели оптические. Общие технические условия.
- ГОСТ 26599, Системы передачи волоконно-оптические. Термины и определения.
- ГОСТ 28871 Аппаратура линейных трактов цифровых волоконно-оптических систем передачи, методы измерения основных параметров.
- ГОСТ 12.2.007.0-75, Система стандартов безопасности труда, изделия электротехнические. Общие требования безопасности.
- ГОСТ 12.1.030 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление

4. Архитектура и уровни построения системы

Система должна быть построена в соответствии с двухуровневой архитектурой, включающей:

- диспетчерский (центральный) уровень;
- станционный уровень.

4.1. Диспетчерский уровень

На диспетчерском уровне размещаются основные управляющие и серверные компоненты системы. В состав оборудования должны входить:

- стек магистральных и распределительных коммутаторов с резервированием;
- межсетевой экран;
- оборудование систем видеонаблюдения, архивирования, управления и мониторинга;
- центральные узлы доступа к внешним сетям при необходимости.

Все элементы должны быть размещены в помещении здания управления, обеспечивающем круглосуточный режим работы и условия промышленной эксплуатации.

4.2. Станционный уровень

Станционный уровень охватывает:

- 10 станций метрополитена;
- электродепо;
- распределённые объекты (шахты, тяговые и понизительные подстанции, релейные и машинные помещения, водоотливные установки и др.).
- На каждом объекте должны быть установлены:
 - два магистральных коммутатора (с резервированием), подключённых к оптоволоконному кольцу;
 - один или два распределительных коммутатора для подключения локальных подсистем.

Магистральные коммутаторы каждой станции должны обеспечивать:

- коммутацию с кольцевой топологией;
- автоматическое переключение на резервный маршрут при повреждении основной линии (не более 50 мс);
- стековую или протокольную интеграцию (LACP, ERPS v2, STP/MSTP).

Распределительные коммутаторы должны обеспечивать подключение всех устройств локальных подсистем на станциях, включая системы видеонаблюдения, охраны, связи, диспетчеризации и автоматизации.

4.3. Топология сети

Магистральная топология системы — кольцевая, построенная на базе волоконно-оптических линий связи с резервированием в каждом направлении. Все станции и центральный узел должны быть включены в кольцо с двусторонней связью. При обрыве участка кабеля система должна автоматически перенаправлять трафик по резервному пути без потери пакетов.

Связь между магистральным и распределительным уровнями должна быть организована через агрегированные соединения по протоколу LACP (802.1AX). Использование технологий ECMP, Fast Reroute и ERPS v2 является обязательным.

4.3.1. Организация связи

Связь между 10 станциями должна быть реализована по кольцевому принципу с использованием двух независимых оптических кабелей (далее — Кабель А и Кабель В), проложенных параллельно по одному маршруту. Оба кабеля должны проходить через все станции, обеспечивая резервирование канального уровня.

На каждой станции необходимо установить волоконно-оптический кросс (ODF), обеспечивающий ввод и коммутацию обоих кабелей. Подключение волокон к активному оборудованию (оптическим трансиверам коммутаторов) должно быть организовано по следующему принципу:

- На нечётных по порядку станциях (1, 3, 5, 7, 9) из Кабеля А волокна подключаются к ODF станции и далее к активному оборудованию. Волокна из Кабеля В проходят через ODF транзитом (сквозное соединение без включения в активное оборудование).
- На чётных по порядку станциях (2, 4, 6, 8, 10) наоборот: подключение осуществляется из Кабеля В, а волокна Кабеля А проходят транзитом через ODF.

Таким образом, на каждой станции один кабель используется как активный для подключения к телекоммуникационному оборудованию, второй — как транзитный. Чередование подключения кабелей обеспечивает равномерное распределение нагрузки и логическое разнесение точек включения, повышая отказоустойчивость сети и снижая влияние потенциальных обрывов.

Каждое волокно должно быть введено в ODF с маркировкой, отражающей:

- направление (вход/выход);
- принадлежность к кабелю (А или В);
- порядковый номер станции, с которой приходит/уходит линия;
- статус включения (активное/транзитное).

4.3.2. Диспетчерский уровень

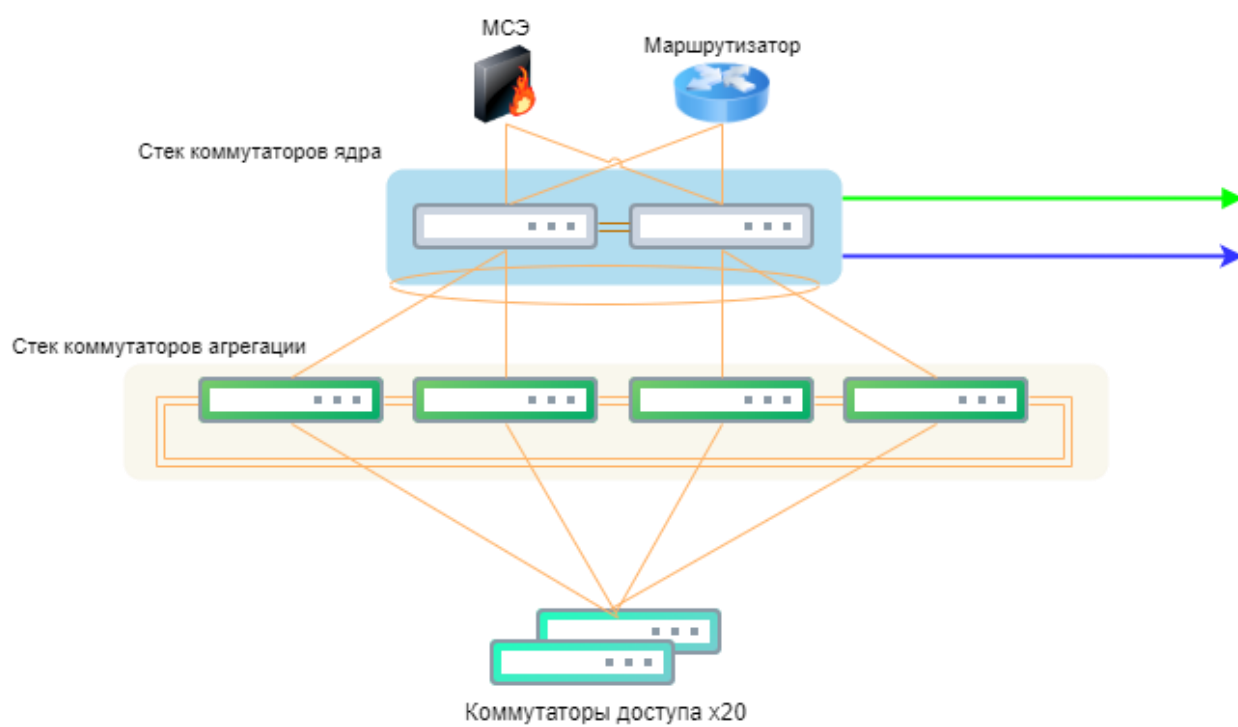


Рисунок 1

4.3.3. Станционный уровень

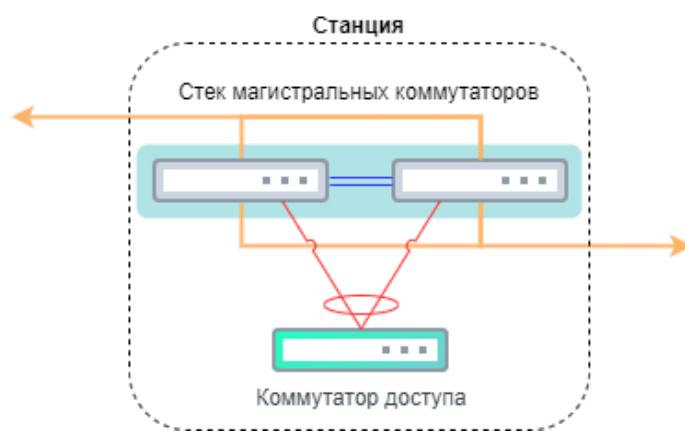


Рисунок 2

5. Исходные технические данные и состав объектов проектирования

5.1. Общие характеристики системы

Общее количество станций метрополитена: 10

Количество станций с путевым развитием: 4

Электродепо: 1

Здание управления (ЦОД, диспетчерские службы): 1

Общая протяженность линии: 12,4 км

Протяженность кабельной трассы от здания управления до станции «Дружба»: 450 м

5.2. Расстояния между станциями

Дружба – М. Баграмян: 1248 м

М. Баграмян – Еритасардакан: 1532 м

Еритасардакан – Площадь Республики: 1003 м

Площадь Республики – Зоравар Андраник: 914 м

Зоравар Андраник – Сасунци Давид: 1918 м

Сасунци Давид – Горцаранаин: 1790 м

Горцаранаин – Шенгавит: 1349 м

Шенгавит – Площадь Гарегина Нжде: 795 м

Шенгавит – Чарбах: 1640 м

Шенгавит – Электродепо: 1500 м

Электродепо – Чарбах: 700 м

5.3. Дополнительные объекты подключения

В рамках проекта необходимо предусмотреть линии связи со следующими объектами на каждой станции (в зависимости от конфигурации):

Релейные помещения (СЦБ)

Тяговые и понизительные подстанции

Машинные залы

Дежурные посты

Водоотливные установки (МВУ)

Шахты (вентиляционные, притоннельные)

Контрольные пункты и ОДП

Посты эскалаторной службы

5.4. Список объектов и расстояния от кроссовых узлов

	Станция Дружба	
1	Дежурный станционного поста централизации ДСЦП	60
2	Дорожный мастер	20
3	Релейная СЦБ,	30
4	Дежурный по эскалатору	80
5	Контролёр	180
6	Машинный зал, 8жил	200
7	Тяговая подстанция СТП, 8ж	70
8	Местная водоотливная установка МВУ	100
9	Вентилятор осевой ВОМД (тупик), 48жил	800
10	- киоск шахты N5	700
11	- киоск шахты N6, (ВОМ, ВОМД)	450
	Станция Баграмян	
1	Дежурный по станции ДСП	10
2	Дежурный по эскалатору	125
3	Релейная СЦБ	90
4	Тяговая подстанция СТП	150
5	Контролёр	220
6	Машинный зал	250
7	Местная водоотливная установка МВУ	100
8	киоск шахты N4	400
9	киоск шахты N3	800
	Станция Еритасардакан	
1	Дежурный по станции ДСП	10
2	Дежурный по эскалатору	250
3	Контролёр	290
4	Дренажная подкачка ОДП	150
5	Машинный зал	450
6	Тяговая подстанция СТП	150
7	Местная водоотливная установка МВУ	50
8	киоск шахты N2	2*500
9	киоск шахты N8	700
	Станция Площадь Республики	
1	Дежурный по станции ДСП	15
2	Дежурный по эскалатору	150
3	Машинный зал	200

4	Тяговая подстанция СТП	60
5	Контролёр	200
6	Дорожный мастер	220
7	Дренажная подкачка ОДП	250
8	Местная водоотливная установка МВУ	180
9	киоск шахты N1	150
10	киоск шахты N9	650
11	Релейная СЦБ	70
	Станция Зоравар Андраник	
1	Дежурный по станции ДСП	40
2	Дежурный по эскалатору	90
3	Контролёр	160
4	Машинный зал	230
5	Тяговая подстанция СТП	150
6	Дренажная подкачка ОДП	150
7	Местная водоотливная установка МВУ	50
8	киоск шахты N7	160
9	Фекальная подкачка ФП от Машинного зала	70
	Станция Сасунци Давид	
1	Дежурный станционного поста централизации ДСЦП	160
2	Дорожный мастер	20
3	Релейная СЦБ	200
4	Линейный пункт	180
5	Контролёр	60
6	Машинный зал	100
7	Тяговая подстанция СТП	185
8	Дежурный по станции ДСП	15
	Станция Горцаранаин	
1	Дежурный по станции ДСП	30
2	Комплексная тяговая подстанция КТП	30
3	Контролёр	160
4	Машинный зал	180
5	Релейная СЦБ	50
	Станция Шенгавит	
1	Дежурный станционного поста централизации ДСЦП	20
2	Дорожный мастер	35
3	Релейная СЦБ	185
4	Тяговая подстанция СТП	185
5	Понижительная подстанция П2	250
6	Контролёр	50
7	Местная водоотливная установка МВУ	80
8	киоск шахты N12	630
9	киоск шахты N13	230
10	Фекальная подкачка ФП	50

	Станция Гарегин Нжде	
1	Дежурный станционного поста централизации ДСЦП	15
2	Тяговая подстанция СТП	25
3	Релейная СЦБ	190
4	Дежурный по эскалатору	130
5	Контролёр	180
6	Машинный зал	250
7	Местная водоотливная установка МВУ	150
8	киоск шахты N10	200
9	Дренажная подкачка ОДП	400
10	ФП от Машинного зала	50
11	киоск шахты N11	600
	Станция Чарбах	
1	Дежурный по станции ДСП	30
	Электродепо Шенгавит	
1	Дежурный станционного поста централизации ДСЦП	30
2	Комплексная тяговая подстанция КТП	200
3	Дежурный по Депо	135
4	Дорожный мастер	35
5	Релейная СЦБ	50

6. Состав объектов и требования к подключаемым подсистемам

6.1. Состав объектов

В состав системы проектирования входят следующие основные объекты:

здание управления метрополитена (ЦОД, диспетчерские службы);

электродепо «Шенгавит»;

10 станций Ереванского метрополитена:

- Дружба
- Маршал Баграмян
- Еритасардакан
- Площадь Республики
- Зоравар Андраник
- Давид Сасунский
- Горцаранаин
- Шенгавит
- Площадь Гарегина Нжде
- Чарбах

Дополнительно в систему входят вспомогательные сооружения:

вентиляционные и притоннельные шахты;

тяговые и понизительные подстанции;

машинные и релейные залы;

посты дежурных, ОДП, МВУ и другие технические помещения.

6.2. Требования к подключению функциональных подсистем

На каждом объекте должна быть обеспечена оптоволоконная связь с системами:

- автоматизированного диспетчерского управления движением поездов;
- диспетчеризации электроснабжения;
- управления электромеханическим оборудованием;
- поездной, энерго- и электромеханической диспетчерской связи;
- поездной радиосвязи;
- тоннельной связи;

- административно-хозяйственной и громкоговорящей связи;
- видеонаблюдения (включая платформы и вестибюли);
- пожарной сигнализации;
- систем контроля габаритов, температуры бус и доступа к техническим зонам;
- систем охраны и периметральной сигнализации.

Подключение вышеуказанных подсистем должно обеспечиваться:

- через коммутаторы магистрального и распределительного уровней;
- с применением 8-жильных или 48-жильных оптических кабелей;
- с установкой оптических кроссов и/или медиа-конвертеров в помещениях конечных точек.

Подключение каждой подсистемы должно производиться по принципу резервирования, с использованием не менее двух независимых оптических волокон (при возможности), с подключением к разным коммутаторам.

7. Функциональные требования к подключению технологических подсистем

В рамках реализации Системы необходимо обеспечить подключение следующих технологических и информационных подсистем, каждая из которых должна быть интегрирована в оптоволоконную инфраструктуру с соблюдением принципов резервирования и отказоустойчивости.

7.1. Автоматизированная система диспетчерского управления и контроля движением поездов

Объекты подключения:

Система должна быть подключена от центрального диспетчерского пункта до релейных помещений следующих станций:

- Дружба
- Маршал Баграмян
- Площадь Республики
- Сасунци Давид
- Горцаранаин
- Шенгавит
- Площадь Гарегина Нжде
- Электродепо

Требования к подключению:

На станциях Дружба, Маршал Баграмян, Площадь Республики, Горцаранаин и Электродепо:

Подключение должно осуществляться через два независимых магистральных коммутатора кроссовой связи;

На каждом коммутаторе должно быть выделено по 1 порту RJ45 100/1000 Мбит/с.

На станциях Сасунци Давид, Шенгавит, Площадь Гарегина Нжде:

Предусмотреть прокладку 8-жильного оптического кабеля;

Подключение двух жил к двум независимым магистральным коммутаторам;

Установка абонентского оптического бокса и двух оптических медиа-конвертеров с RJ45 100/1000.

7.2. Автоматизированная система диспетчерского управления и контроля устройств электроснабжения

Объекты подключения:

Тяговые и понизительные подстанции следующих станций:

- Дружба
- Маршал Баграмян
- Еритасардакан
- Площадь Республики
- Зоравар Андраник
- Сасунци Давид
- Горцаранаин
- Шенгавит
- Площадь Гарегина Нжде
- Электродепо

Требования к подключению:

- Прокладка 8-жильного оптического кабеля от кроссовой связи;
- Подключение двух жил к двум независимым магистральным коммутаторам;
- Установка и монтаж абонентского оптического бокса в подстанции.

7.3. Автоматизированная система диспетчерского управления и контроля электромеханического оборудования

Объекты подключения:

Машинные залы, вентиляционные станции и шахты, водоотливные установки (МВУ), ОДП следующих станций:

- Дружба
- Маршал Баграмян
- Еритасардакан
- Площадь Республики
- Сасунци Давид
- Горцаранаин
- Площадь Гарегина Нжде

Требования к подключению:

- Прокладка 8-жильного оптического кабеля от кроссовой связи;
- Подключение двух жил к двум независимым магистральным коммутаторам;
- Установка и монтаж абонентских оптических боксов на каждом конечном объекте;
- При необходимости — установка оптических медиа-конвертеров с выходами RJ45 100/1000.

7.4. Поездная диспетчерская связь, энерго диспетчерская связь, электромеханическая диспетчерская связь

Требования к подключению:

На всех станциях и в Электродепо:

- В кроссовой связи каждой станции должно быть предусмотрено по 2 порта от 2 независимых друг от друга магистральных коммутаторов.

В центральной серверной (здание управления):

- Также предусмотреть 2 порта от 2 независимых коммутаторов для подключения указанных видов связи.

Все соединения должны обеспечивать высокую отказоустойчивость и мгновенное переключение при отказе одного из каналов.

7.5. Поездная радиосвязь

Требования к подключению:

На всех станциях, в Электродепо и в центральной серверной:

- В кроссовой связи предусмотреть 2 порта от 2 независимых магистральных коммутаторов для подключения оборудования поездной радиосвязи.

Соединение должно быть организовано с учётом требований к низкой задержке и высокой доступности радиоканала.

7.6. Тоннельная связь

Требования к подключению:

На всех станциях, в Электродепо и в центральной серверной:

- Подключение тоннельной связи должно осуществляться через 2 порта от 2 независимых магистральных коммутаторов в кроссовом узле.

Подключение должно быть реализовано с резервированием и возможностью расширения на дополнительные тоннельные участки в будущем.

7.7. Административно-хозяйственная связь

Требования к подключению:

На всех станциях, в Электродепо и в центральной серверной:

- В кроссовых узлах предусмотреть 2 порта от 2 независимых магистральных коммутаторов для подключения административно-хозяйственной связи.

Передача данных должна обеспечиваться по зарезервированным линиям с высокой доступностью и защищённостью.

7.8. Громкоговорящая связь

Требования к подключению:

- На всех станциях, в Электродепо и в центральной серверной:
 - В кроссовых узлах предусмотреть 2 порта от 2 независимых магистральных коммутаторов для подключения системы громкоговорящей связи.

Сеть должна обеспечивать поддержку приоритетного голосового трафика, при необходимости — с применением механизмов QoS.

7.9. Видеонаблюдение

Требования к подключению:

- На всех станциях и в Электродепо:
 - В кроссовых узлах предусмотреть 6 портов от 2 независимых магистральных коммутаторов;
 - На уровне вестибюля предусмотреть дополнительно 4 порта на распределительном коммутаторе для подключения камер в зоне входа/выхода пассажиров.
- В центральной серверной:
 - Предусмотреть подключение к магистральным коммутаторам с возможностью приёма видеопотока от всех объектов, архивирования и управления.

Сеть видеонаблюдения должна быть изолирована логически и поддерживать высокую пропускную способность, необходимую для передачи потоков высокого разрешения.

7.10. Пожарная сигнализация

Требования к подключению:

- На всех станциях, в Электродепо и в центральной серверной:
 - В кроссовых узлах предусмотреть 2 порта от 2 независимых магистральных коммутаторов для подключения системы пожарной сигнализации.

Связь должна быть реализована с резервированием и гарантированной доставкой сигналов тревоги без задержек.

7.11. Система контроля и выявления нарушений нижних габаритных размеров поездов

Требования к подключению:

Подключение должно быть обеспечено на следующих станциях:

- Дружба
- Маршал Баграмян
- Площадь Республики
- Сасунци Давид
- Горцаранаин
- Шенгавит
- Площадь Гарегина Нжде
- Электродепо
- На станциях Дружба, Маршал Баграмян, Площадь Республики, Горцаранаин, Электродепо:
 - Подключение через 2 порта RJ45 100/1000 к 2 независимым коммутаторам в кроссовой связи.
- На станциях Сасунци Давид, Шенгавит, Площадь Гарегина Нжде:
 - Подключение через 2 медиа-конвертера с RJ45 100/1000, подключённых к 2 независимым коммутаторам;
 - Прокладка 8-жильного оптического кабеля.

7.12. Система контроля и выявления обогрева букс поездов

Требования к подключению:

Подключение должно быть обеспечено на следующих станциях:

- Дружба
- Шенгавит
- В кроссовой связи каждой из указанных станций предусмотреть:
 - 2 оптических порта и 2 порта RJ45 100/1000 на 2 независимых магистральных коммутаторах.

7.13. Система сигнализации и оповещения о несанкционированном проходе в тоннели и шахты

Требования к подключению:

Станции подключения:

- Дружба
- Маршал Баграмян
- Площадь Республики
- Сасунци Давид
- Горцаранаин
- Шенгавит
- Площадь Гарегина Нжде
- Прокладка 8-жильного оптического кабеля от кроссовой связи каждой станции;
- Подключение к магистральным коммутаторам;
- Установка абонентских оптических боксов в точках доступа (шахты, рампы, торцы тоннелей);
- Все подключения должны быть выполнены с резервированием.

7.14. Система периметральной сигнализации и оповещения о несанкционированном доступе на наземные участки и территории Электродепо

Требования к подключению:

Станции подключения:

- Зоравар Андраник
- Сасунци Давид
- Горцаранаин
- Шенгавит
- Электродепо
- Прокладка 8-жильного оптического кабеля от кроссовой связи станций до наземных объектов;
- Установка абонентских оптических боксов;
- Подключение к двум независимым магистральным коммутаторам.

8. Требования к техническим средствам

Проектируемая система должна состоять из двух уровней:

- Уровень управления (центральный уровень);
- Станционный уровень (объекты метрополитена).

Связь между уровнями и объектами системы должна быть организована на основе магистральной кольцевой топологии с обязательным резервированием каналов связи. Все подключения между станциями должны выполняться по волоконно-оптическим линиям, объединённым в замкнутое кольцо, обеспечивающее двустороннюю маршрутизацию трафика и автоматическое переключение на резервный путь при возникновении отказа.

На каждом уровне должна быть реализована иерархия коммутаторов:

- на уровне управления — стек магистральных и распределительных коммутаторов, а также оборудование для фильтрации, мониторинга и управления трафиком;
- на станционном уровне — два магистральных коммутатора (с резервированием) и один или несколько распределительных коммутаторов для подключения локальных систем. Обмен данными между уровнями должен осуществляться по агрегированным соединениям с использованием протокола LACP (802.1AX) с резервированием по интерфейсам и отказоустойчивостью не ниже 99,98%.

В составе проектируемой системы должны быть использованы серийно выпускаемые технические средства, соответствующие действующим стандартам и обеспечивающие необходимую производительность, масштабируемость, отказоустойчивость и совместимость.

Все активное сетевое оборудование (коммутаторы, межсетевые экраны и т.п.) должно быть от одного производителя, обеспечивать единое программное управление, мониторинг и сопровождение. Оборудование должно относиться к классу устройств, предназначенных для промышленного применения и использования на объектах транспорта, включая эксплуатацию в условиях повышенной вибрации, запылённости и нестабильной температуры. и обеспечивающие необходимую производительность, масштабируемость, отказоустойчивость и совместимость.

Выбор сетевого оборудования должен осуществляться с учетом наличия на территории города Ереван официального авторизованного сервисного центра производителя, обладающего правом выполнения гарантийного и постгарантийного обслуживания, включая проведение регламентных работ, замену компонентов и обновление программного обеспечения. Допуск к использованию имеют только такие модели оборудования, для которых предусмотрено полное сервисное сопровождение на базе данного центра.

8.1. Требования к сетевому оборудованию

8.1.1. Уровень управления (центральный уровень)

Центральный уровень проектируемой сети должен включать три функциональных сегмента: уровень ядра, уровень агрегации и уровень доступа. Все компоненты должны быть объединены в единую отказоустойчивую систему с резервированием на каждом уровне.

Коммутаторы ядра

Два L3-коммутатора, объединённых в стек или логическое устройство с характеристиками не ниже:

- Количество портов Ethernet 10/100/1000BASE-T (включая не менее 4 комбинированных портов): не менее 28;
- Наличие не менее 8 портов SFP+ с поддержкой скорости 1/10 Гбит/с;
- Наличие слота расширения для установки интерфейсных модулей: не менее 1;
- В комплекте поставки должен быть модуль на 8 портов 25G SFP28, а также трансиверы SFP+ и SFP28 для различных диапазонов (850 нм на 300 м, 850 нм 100 м, 1310 нм 10 км);
- Наличие кабеля SFP+ DAC длиной 3 м;
- Два блока питания AC мощностью по 180 Вт с мониторингом состояния;
- Два вентилятора с направлением воздуха назад;
- Консольный порт RJ45: не менее 1;
- Управляющий порт (MGMT) 10/100/1000BASE-T: не менее 1;
- USB-порт: не менее 1;
- Форм-фактор: 1U, установка в 19" стойку;
- Диапазон рабочих температур: от -5 до +45 °C;
- Допустимая влажность: от 5% до 95% без конденсации;
- Процессор: Dual Core 1.2 GHz;
- Объём Flash-памяти: не менее 4 ГБ;
- Объём оперативной памяти (SDRAM): не менее 2 ГБ;
- Буфер памяти для хранения пакетов: не менее 9 МБ;
- Коммутационная ёмкость: не менее 2.4 Тбит/с;
- Скорость пересылки пакетов: не менее 462 Mpps;
- Габариты: 440 × 360 × 44 мм;
- Масса устройства: не более 7 кг;
- Потребление энергии (максимум): не более 114 Вт;
- Поддержка L2 протоколов и функций: VLAN до 4096, STP/RSTP/MSTP, LLDP, Jumbo Frames до 13312 байт;
- Поддержка L3 протоколов: Static Routing, RIP, OSPF, IS-IS, BGP, ECMP, VRF;
- Поддержка IPv6: RIPng, OSPFv3, IS-ISv6, BGP4+, DHCPv6, ND;
- Поддержка MPLS: Static LSP, LDP, MPLS VPN, VPLS, MCE;
- Поддержка виртуализации до 9 коммутаторов в единое логическое устройство с централизованным управлением, единым адресным пространством, синхронизацией

таблиц маршрутизации и коммутации, а также внутренней пропускной способностью не менее 480 Гбит/с между элементами стека.

- Поддержка управления группой устройств как одним логическим коммутатором;
- Поддержка синхронной работы протоколов L2 и L3 без использования STP между объединёнными устройствами;
- Поддержка MACsec (AES-256) на всех портах;
- Поддержка VXLAN и EVPN;
- Поддержка QoS: 8 очередей, SP, WRR, CAR, Shaping, WRED;
- Механизмы безопасности: 802.1X, AAA, ACL, ARP/ND защита, uRPF;
- Поддержка телеметрии, iNQA, PTP (1588v2), NTP;
- MTBF (среднее время наработки на отказ): не менее 105 лет;
- MTTR (среднее время восстановления): не более 1 часа;
- Соответствие стандартам EMC и электробезопасности.

Коммутаторы агрегации

Стек из четырёх коммутаторов L3 уровня с характеристиками не хуже:

- Наличие не менее 24 портов Ethernet 10/100/1000BASE-T;
- Наличие не менее 24 портов 100/1000 SFP;
- Наличие не менее 4 портов SFP+ с поддержкой скорости 1/10 Гбит/с;
- Наличие не менее 2 портов QSFP+ с поддержкой скорости 40 Гбит/с;
- Наличие не менее 1 слота расширения для установки интерфейсных модулей;
- Консольный порт RJ45: не менее 1;
- Отдельный порт управления (MGMT) 10/100/1000BASE-T: не менее 1;
- USB-порт для конфигурации и обновлений: не менее 1;
- Возможность установки в 19-дюймовую стойку, высота 1U;
- Диапазон рабочих температур: от –5 до +45 °C;
- Допустимая влажность: от 5% до 95% без конденсации;
- В комплекте — 2 блока питания AC по 180 Вт с мониторингом состояния;
- В комплекте — 2 вентилятора с направлением выдува назад;
- В комплекте — модуль на 4 порта 25G SFP28;
- В комплекте — кабель QSFP+ длиной 3 м;
- В комплекте — 10 трансиверов SFP 1000BASE-SX (850 нм, 550 м, MM, LC);
- В комплекте — 1 трансивер SFP28 25G (850 нм, 100 м, MM, LC);
- Процессор: Dual Core 1.2 GHz;

- Flash-память: не менее 4 ГБ;
- Оперативная память: не менее 2 ГБ;
- Буфер пакетов: не менее 9 МБ;
- Коммутационная ёмкость: не менее 2.4 Тбит/с;
- Пропускная способность пересылки пакетов: не менее 458 Mpps;
- Габариты (Ш×Г×В): 440 × 360 × 44 мм;
- Масса: не более 7 кг;
- Потребляемая мощность (максимум): не более 125 Вт;
- Поддержка L2 функций: VLAN до 4096, QinQ, STP/RSTP/MSTP, LLDP, Jumbo Frame до 13312 байт;
- Поддержка L3 протоколов: Static, RIP, OSPF, IS-IS, BGP, ECMP, VRF;
- Поддержка IPv6: RIPng, OSPFv3, IS-ISv6, BGP4+, DHCPv6, ND;
- Поддержка MPLS: Static LSP, LDP, MPLS VPN, VPLS, MCE;
- Поддержка виртуализации до 9 коммутаторов в единое логическое устройство с централизованным управлением, единым адресным пространством, синхронизацией таблиц маршрутизации и коммутации, а также внутренней пропускной способностью не менее 480 Гбит/с между элементами стека.
- Поддержка управления группой устройств как одним логическим коммутатором;
- Поддержка синхронной работы протоколов L2 и L3 без использования STP между объединёнными устройствами
- Поддержка MACsec (AES-256) на всех портах;
- Поддержка VXLAN, EVPN, VXLAN Gateway;
- Поддержка QoS: 8 очередей, SP, WRR, CAR, Shaping, WRED;
- Поддержка безопасности: ACL, uRPF, 802.1X, AAA, ARP/ND Protection;
- Поддержка телеметрии и iNQA;
- Поддержка PTP (IEEE 1588v2), NTP;
- Соответствие стандартам электромагнитной совместимости и электробезопасности.

Коммутаторы доступа

Коммутаторы доступа для зданий управления в количестве 20 штук с характеристиками не хуже:

- Наличие не менее 24 портов Ethernet 10/100/1000BASE-T;
- Наличие не менее 4 портов 1000BASE-X SFP;
- В комплекте поставки должны быть 2 трансивера 1000BASE-SX (850 нм, 550 м, LC);
- Процессор: 1 Core, 800 MHz;

- Flash-память: 256 MB;
- Оперативная память: 512 MB;
- Буфер пакетов: не менее 1.5 МБ;
- Коммутационная ёмкость: не менее 56 Гбит/с;
- Пропускная способность (Forwarding rate): не менее 42 Mpps;
- Задержка (Latency): GE < 5 µs;
- Поддержка виртуализации до 9 коммутаторов в единое логическое устройство с централизованным управлением, единым адресным пространством, синхронизацией таблиц маршрутизации и коммутации, а также внутренней пропускной способностью не менее 480 Гбит/с между элементами стека.
- Поддержка управления группой устройств как одним логическим коммутатором;
- Поддержка синхронной работы протоколов L2 и L3 без использования STP между объединёнными устройствами
- Поддержка VLAN: 4096 VLAN ID, до 4094 активных VLAN;
- Поддержка Jumbo Frame: не менее 10240 байт;
- Поддержка STP, RSTP, MSTP, PVST, TC-BPDU Guard, Loop detection;
- Поддержка LACP и агрегации каналов (статическая и динамическая);
- Поддержка IPv4/IPv6 статической маршрутизации;
- Поддержка RIP, OSPF, OSPFv3, RIPvng;
- Поддержка IGMP Snooping, MLD Snooping;
- Поддержка QoS: SP, WRR, SP+WRR, 802.1p/DSCP;
- Поддержка ACL: IPv4, IPv6, Layer 2-4;
- Поддержка безопасности: AAA, 802.1X, MAC/Web аутентификация, DoS-защита;
- Поддержка ARP и ND защиты;
- Поддержка IP Source Guard, DHCP Snooping, RA Guard;
- Поддержка VRRPv2/v3, BFD, Ethernet OAM, Smart Link;
- Поддержка зеркалирования SPAN/RSPAN;
- Поддержка управления: CLI, Web UI, SNMPv1/v2/v3, Telnet, SSH;
- Поддержка Zero Touch Provisioning;
- Энергосбережение: Auto-power down, IEEE 802.3az;
- Поддержка защиты от импульсных перенапряжений 10kV;
- Форм-фактор: 1U, установка в 19" стойку, бесвентиляторный;
- Габариты (Ш×Г×В): 440 × 160 × 43.6 мм;

- Масса: не более 2.5 кг;
- Диапазон рабочих температур: от –5 до +50 °С;
- Диапазон хранения температур: от –40 до +70 °С;
- Влажность (рабочая и хранение): от 5% до 95%, без конденсации;
- Электропитание: 100–240 В AC, 50/60 Гц;
- Потребляемая мощность (максимум): не более 23 Вт;
- MTBF: не менее 150 лет;
- MTTR: не более 1 часа;
- Соответствие стандартам EMC и электробезопасности.

Пограничный маршрутизатор

Пограничный маршрутизатор в количестве 1 шт с характеристиками не хуже:

- Назначение: интегрированный ICT-шлюз с возможностью виртуализации и AI-обработки;
- Количество портов 10G SFP+: не менее 20;
- Количество портов 1G RJ-45 (1000BASE-T): не менее 12;
- Наличие FIP-слота для установки интерфейсных модулей: не менее 1;
- Наличие слотов для накопителей SATA 2.5”: не менее 2;
- Наличие USB 3.0 порта: не менее 1;
- Наличие консольного порта: не менее 1;
- Наличие PCIe слота: не менее 1;
- В комплекте: 2 трансивера SFP+ (850 nm, 300 м, LC);
- В комплекте: 2 блока питания по 450 Вт;
- Форм-фактор: 2U, 19-дюймовый шкаф;
- Габариты (В×Ш×Г): 88 × 440 × 480 мм;
- Температурный диапазон (без накопителей и GPU): от 0 до +45 °С;
- Температурный диапазон (с накопителями и GPU): от 0 до +40 °С;
- Влажность: от 5% до 95%, без конденсации;
- Процессор: Intel Xeon, 8 ядер, 2.5 ГГц;
- Оперативная память (по умолчанию / максимум): 8 ГБ / до 128 ГБ DDR4 RDIMM;
- Встроенное хранилище: 4 ГБ;
- Поддержка внутреннего SSD M.2: не менее 1 слота;
- Слоты памяти: 4 канала DDR4 RDIMM;

- Буфер пакетов: поддержка аппаратной виртуализации ресурсов;
- Пропускная способность IP-переадресации (IMIX): не менее 35 Гбит/с;
- Пропускная способность IPSec (1400 байт): не менее 20 Гбит/с;
- Производительность шифрования AD-WAN (IMIX): не менее 6 Гбит/с;
- Потребление энергии (агрегационный/конвергентный режим): 224 Вт / 558 Вт;
- Поддержка резервирования и горячей замены блоков питания и вентиляторов;
- Уровень надёжности (MTBF): Carrier-grade (высокий);
- Поддержка Comware 9 (контейнеризированная ОС);
- Поддержка Docker и Kubernetes (встроенный Kubelet);
- Поддержка OpenStack Nova compute;
- Поддержка виртуализации (KVM, SR-IOV, жизненный цикл VM);
- Поддержка EAD, портал, RBAC, DoS-защита, фильтрация;
- Поддержка IPsec, ADVPN, L2TP, GRE, NAT, URPF;
- Поддержка BFD, VRRP, FRR, NQA, ISSU;
- Поддержка маршрутизации IPv4/IPv6: RIP, OSPF, IS-IS, BGP;
- Поддержка MPLS L2VPN (Martini, Kompella, CCC, SVC);
- Поддержка MPLS L3VPN и MCE;
- Поддержка управления: SNMPv1/v2/v3, CLI, Web, SSH, FTP;
- Поддержка среды удалённой установки и обновления: с USB, по сети, двойной образ;
- Соответствие EMC и стандартам безопасности: FCC, VCCI, EN, UL, IEC и др.

Межсетевой экран

Межсетевой экран в количестве 1 шт с характеристиками не хуже:

- Количество портов Ethernet 1000BASE-T: не менее 14;
- Количество универсальных портов для установки трансиверов стандарта Gigabit Ethernet (SFP): не менее 8;
- Количество универсальных портов для установки трансиверов стандарта 10Gigabit Ethernet (SFP+): не менее 8;
- Наличие выделенного консольного порта: соответствие;
- Наличие не менее 2 выделенных интерфейсов управления;
- Наличие не менее 2 USB портов;
- В комплекте поставки должно быть не менее 2 блоков питания;
- В комплекте поставки должно быть не менее 2 трансиверов (850nm, 300м, LC);
- Лицензия для возможности обновления баз сигнатур TI/ACG/IPS/AV/URL на 3 года;

- Наличие не менее 4 слотов расширения;
- Возможность установки SSD не менее 2;
- Объем Flash: не менее 8 ГБ;
- Объем SDRAM: не менее 16 ГБ;
- Возможность установки в стандартный шкаф 19";
- Высота межсетевого экрана: не более 1RU;
- Температурный диапазон работы: от 0 до +45 °C;
- Режимы работы: Route, transparent и hybrid;
- Поддержка Portal, RADIUS, HWTACACS, PKI/CA (X.509), Domain, CHAP, PAP аутентификации;
- Поддержка виртуальных контекстов с полным разделением CPU, памяти и хранилища;
- Анализ security zone, фильтрация и защита от множества видов атак (land, smurf, fraggle, ping of death, teardrop, IP spoofing и др.);
- ASPF фильтрация, ACL по времени, пользователям и приложениям;
- Привязка MAC-IP, MAC-based ACL, MAC-ограничение, VLAN прозрачная передача;
- Политики управления соединениями и полосой пропускания;
- Обнаружение вирусов с обновлением баз сигнатур в автоматическом/ручном режиме;
- Защита от вирусов, DoS/DDoS, SQL-инъекций, обход IDS/IPS;
- Фильтрация Email и веб-контента;
- Botnet анализ и управление инцидентами;
- Поддержка NAT, ALG, L2TP, IPSec, GRE, SSL VPN;
- Поддержка современных алгоритмов аутентификации и протоколов безопасности;
- Поддержка IPv6 firewall и маршрутизации;
- Поддержка отказоустойчивости, виртуализации, управления через Web GUI, CLI, SNMP;
- Поддержка диагностики и статистики;
- Соответствие требованиям FCC, UL, IEC и других международных стандартов;
- Производительность:
 - Пропускная способность межсетевого экрана (1518 байт): не менее 25 Гбит/с;
 - Пропускная способность DPI: не менее 20 Гбит/с;
 - Пропускная способность DPI+IPS: не менее 14 Гбит/с;
 - Пропускная способность DPI+IPS+AV: не менее 14 Гбит/с;

- Количество туннелей IPSec (site-to-site): не менее 8000;
- Пропускная способность IPSec: не менее 6 Гбит/с;
- Количество пользователей SSL VPN: не менее 10 000;
- Пропускная способность SSL VPN: не менее 1800 Мбит/с;
- Максимальное количество одновременных сессий: не менее 10 000 000;
- Максимальное количество новых подключений в секунду: не менее 300 000;
- Максимальное количество политик безопасности: не менее 50 000;
- Максимальное количество контекстов: не менее 16;
- Максимальное количество vSystem: не менее 256.

8.1.2. Станционный уровень

Станционный уровень проектируемой сети включает в себя два основных типа устройств:

Магистральные коммутаторы станционного уровня — два L3-коммутатора, объединённых в стек или логически виртуализированных, обеспечивающих отказоустойчивость, балансировку нагрузки и маршрутизацию между локальными подсетями и центральным уровнем.

Коммутаторы доступа — устройства уровня доступа, подключаемые к магистральным коммутаторам станционного уровня, обеспечивающие подключение конечных устройств и локальных подсистем.

Магистральные коммутаторы

Два L3-коммутатора (на каждую станцию), объединённых в стек или логическое устройство с характеристиками не ниже:

- Наличие не менее 28 портов Ethernet 10/100/1000BASE-T с поддержкой режима Combo;
- Наличие не менее 4 портов SFP (1G), работающих в режиме Combo;
- Наличие не менее 8 портов SFP+ с поддержкой скорости 1/10 Гбит/с;
- Наличие не менее 1 слота расширения для установки интерфейсных или сервисных модулей;
- Консольный порт RJ45 для локального управления — соответствие;
- Наличие отдельного порта управления (MGMT) 10/100/1000BASE-T — не менее 1;
- Наличие USB-порта для резервного копирования и загрузки конфигурации — не менее 1;
- Возможность установки в 19-дюймовую стойку, форм-фактор 1U — соответствие;
- Диапазон рабочих температур: от –5 до +45 °С;
- Диапазон допустимой влажности: от 5% до 95% (без конденсации);

- Поддержка горячей замены вентиляторов — соответствие;
- Поддержка горячей замены блоков питания с резервированием 1+1 — соответствие;
- Количество поддерживаемых блоков питания — не менее 2;
- В комплекте поставки — 2 блока питания AC 180 Вт с возможностью мониторинга состояния (asset-manageable);
- В комплекте поставки — 2 вентилятора с направлением потока назад (exhaust airflow);
- Поддержка установки модулей 25G SFP28 — соответствие;
- В комплекте поставки — 1 модуль расширения 4×25G SFP28;
- В комплекте поставки — не менее 2 трансиверов SFP28 (25G, 1310 нм, 10 км, LC, SM);
- В комплекте поставки — не менее 1 трансивера SFP+ (10G, 1310 нм, 10 км, LC, SM);
- В комплекте поставки — кабель DAC SFP+ длиной 3 метра;
- Объем Flash-памяти — не менее 4 ГБ;
- Объем оперативной памяти (SDRAM) — не менее 2 ГБ;
- Буфер памяти для хранения пакетов — не менее 9 МБ;
- Коммутационная ёмкость устройства — не менее 2,4 Тбит/с;
- Пропускная способность порта (Port Switching Capacity) — не менее 616 Гбит/с;
- Скорость пересылки пакетов (Packet Forwarding Rate) — не менее 462 Mpps;
- Поддержка L2 функций: VLAN (до 4096), QinQ, STP/RSTP/MSTP, LLDP, GVRP, Jumbo Frames (до 13312 байт), портовая изоляция;
- Поддержка L3 функций: Static, RIP, OSPF, IS-IS, BGP, ECMP, PBR, VRF, ARP;
- Поддержка IPv6, включая RIPng, OSPFv3, IS-ISv6, BGP4+, DHCPv6, ND, ICMPv6;
- Поддержка MPLS, включая LDP, Static LSP, MPLS L2VPN, MPLS L3VPN, VRF, MCE;
- Поддержка механизмов отказоустойчивости: BFD, VRRPv2/v3, ISSU, Ethernet OAM, DLDP;
- Поддержка виртуализации до 9 коммутаторов в единое логическое устройство с централизованным управлением, единым адресным пространством, синхронизацией таблиц маршрутизации и коммутации, а также внутренней пропускной способностью не менее 480 Гбит/с между элементами стека.
- Поддержка управления группой устройств как одним логическим коммутатором;
- Поддержка синхронной работы протоколов L2 и L3 без использования STP между объединёнными устройствами
- Поддержка механизмов безопасности: 802.1X, MAC-аутентификация, ACL, uRPF, ARP/ND защита, контроль доступа по ролям;
- Поддержка шифрования MACsec на всех портах (AES-256);
- Поддержка VXLAN, EVPN, VXLAN Gateway, VXLAN M-LAG;

- Поддержка протоколов управления: CLI, Web GUI (SmartMC), SNMPv1/v2/v3, NETCONF/YANG, Zero Touch Provisioning;
- Поддержка управления через встроенный графический интерфейс SmartMC;
- Поддержка IRF2 stacking, с объединением до 9 устройств и общей полосой до 480 Гбит/с;
- Поддержка QoS: 8 очередей, WRED, SP, WRR, shaping, классификация по IP, MAC, VLAN, портам, протоколу;
- Поддержка встроенного функционала iNQA (интеллектуальный анализ качества сети);
- Поддержка Telemetry через gRPC;
- Соответствие международным стандартам электромагнитной совместимости и электробезопасности.

Коммутаторы доступа

По одному коммутатору на каждую станцию с характеристиками не хуже:

- Наличие не менее 24 портов Ethernet 10/100/1000BASE-T, включая не менее 8 combo-портов с поддержкой SFP;
- Наличие не менее 8 портов SFP (1G) с поддержкой режима Combo;
- Наличие не менее 4 портов SFP+ с поддержкой скорости 1/10 Гбит/с;
- Наличие не менее 1 слота расширения для установки интерфейсных модулей;
- Консольный порт RJ45 и micro-USB — соответствие;
- Отдельный порт управления (MGMT) 10/100/1000BASE-T — не менее 1;
- Возможность установки в 19-дюймовую стойку, форм-фактор 1U — соответствие;
- Диапазон рабочих температур: от –5 до +45 °C (при оптике до 10 км);
- Диапазон допустимой влажности: от 5% до 95% без конденсации;
- Поддержка горячей замены вентиляторов — соответствие;
- Поддержка горячей замены блоков питания с резервированием 1+1 — соответствие;
- В комплекте — 2 блока питания AC по 150 Вт с управлением;
- В комплекте — 2 вентилятора с выдувом назад;
- В комплекте — не менее 2 трансиверов SFP+ (10G, 1310 нм, 10 км, LC);
- Объем Flash-памяти — не менее 1 ГБ;
- Объем оперативной памяти (SDRAM) — не менее 2 ГБ;
- Процессор: Dual Core 800 MHz;
- Буфер памяти для хранения пакетов — не менее 4 МБ;
- Коммутационная емкость устройства — не менее 288 Гбит/с;

- Пропускная способность пересылки пакетов — не менее 216 Mpps;
- Размеры (Ш×Г×В): 440 × 360 × 43.6 мм;
- Масса — не более 6.7 кг;
- Поддержка L2 функций: STP/RSTP/MSTP, LLDP, VLAN до 4094, QinQ, GVRP, Jumbo Frame до 10K;
- Поддержка L3 функций: Static, RIP, OSPF, IS-IS, BGP, ECMP, PBR, VRF;
- Поддержка IPv6: RIPng, OSPFv3, BGP4+, туннели, ND, RA;
- Поддержка MPLS: LDP, MPLS VPN, VPLS, MCE;
- Поддержка виртуализации до 9 коммутаторов в единое логическое устройство с централизованным управлением, единым адресным пространством, синхронизацией таблиц маршрутизации и коммутации, а также внутренней пропускной способностью не менее 480 Гбит/с между элементами стека.
- Поддержка управления группой устройств как одним логическим коммутатором;
- Поддержка синхронной работы протоколов L2 и L3 без использования STP между объединёнными устройствами
- Поддержка механизмов безопасности: 802.1X, MAC-аутентификация, AAA, ACL, uRPF;
- Поддержка шифрования MACsec на всех портах;
- Поддержка VXLAN и EVPN;
- Поддержка QoS: SP, WRR, CAR, приоритеты 802.1p/DSCP, shaping;
- Поддержка управления: CLI, Web, SNMP, SmartMC, RESTful, Python;
- Поддержка зеркалирования SPAN, RSPAN, ERSPAN;
- Поддержка диагностики: VCT, DLDP, LLDP, температурные и вентиляторные алерты;
- Поддержка SNTP/NTP и журналирования;
- Соответствие EMC и стандартам безопасности (FCC, UL, EN, IEC).

8.2. Требования к системе мониторинга и управления

Система управления и мониторинга должна обладать следующими характеристиками и функциональными возможностями:

- Возможность резервирования;
- Поддержка управления не менее 75 устройств;
- Возможность расширения функционала за счёт установки дополнительных модулей;

- Автоматический сбор информации об устройствах по протоколам SNMP v1/v2c/v3, Telnet, SSH, FTP, TFTP;
- Автоматическое определение сбоев и сбор диагностических данных с телекоммуникационного оборудования;
- Автоматизированное управление инцидентами и модуль инвентаризации;
- Автоматическое обнаружение устройств в сети, построение и визуализация сетевой топологии второго и третьего уровней модели OSI и виртуальных сетей (VLAN);
- Быстрое развертывание коммутаторов, элемент-менеджер для индивидуального управления устройствами, управление на уровне портов;
- Блочная настройка устройств на базе шаблонов;
- Управление конфигурационными файлами: сохранение, восстановление и поддержка шаблонов;
- Централизованное управление коммутаторами, маршрутизаторами и межсетевыми экранами;
- Управление сетевыми устройствами сторонних производителей, сбор диагностической информации и конфигурационных файлов;
- Разграничение доступа администраторов на основе ролей, типов устройств и территориального расположения;
- Централизованное управление отчетами с автоматической отправкой по электронной почте, экспорт в PDF и XLS;
- Автоматическое определение устройств при добавлении в сеть;
- Поддержка нескольких языков интерфейса, включая английский;
- Централизованный анализ аварий, обработка SNMP Traps и Syslog сообщений;
- Мониторинг производительности (CPU, память, интерфейсы, ошибки);
- Сбор статистики через SNMP, Telnet, CLI, SSH, Netconf;
- Отображение топологии сети в реальном времени;
- Централизованное управление конфигурациями и обновлениями прошивок;
- Хранение истории конфигураций и сравнение версий;
- Аудит действий пользователей и логирование системных событий;
- Интеграция с LDAP, Active Directory, возможность использования RADIUS/TACACS+ сервера с доп. модулем;
- Role-Based Access Control (RBAC) с гибкой настройкой прав;
- Web-интерфейс управления с поддержкой HTTPS;
- Уведомления по Email, SMS, Trap;
- Формирование отчетов по расписанию (PDF, Excel);

- Экспорт данных в CSV, Excel, XML;
- Поддержка управления до 15000 устройств;
- Дополнительный модуль RESTful API для интеграции с внешними системами;
- Поддержка northbound интерфейсов (REST, SNMP, syslog);
- Гибкая лицензия по числу узлов и модулей;
- Регулярные обновления и патчи;
- Наличие технической документации и базы знаний;
- Техническая поддержка 24/7 не менее одного года;
- Поддержка SNMP-управления устройствами сторонних вендоров (Cisco, Huawei, Juniper и др.).
- Автоматизированное рабочее место для системы управления строится с использованием операционной системы Linux (версия уточняется на этапе проектирования)

8.3. Требования к источникам бесперебойного питания

Электропитание поставляемого оборудования предусматривается от существующих источников бесперебойного питания. Необходимое время автономной работы обеспечивается заказчиком.

8.4. Требования к кабельной инфраструктуре

8.4.1. Оптоволоконные кабели

Кабель для тоннелей и станций:

48-жильный, диэлектрический, прокладка в кабельной канализации. Оптические кабели для прокладки в кабельной канализации/в грунте в защитной трубе рядом с линиями связи, между зданиями и сооружениями. Допускается прокладка кабеля рядом с контактной сетью железных дорог, опорах линий электропередач в точках с максимальной величиной потенциала электрического поля до 7 кВ., а также с максимальной величиной потенциала электрического поля до 12 кВ.

- Оболочка не поддерживающее горение (устойчив к УФ излучению)
- Количество волокон: 48(6 разноцветных тубов по 8 разноцветных жил).
- Для прокладки в кабельной канализации/в грунте в защитной трубе.
- Максимальное допустимое растягивающее усилие 2,7 кН
- Предназначен для внешней прокладки.
- Допустимое растягивающее усилие 2.7 кН
- Раздавливающее усилие не менее, 0.3 кН/см
- Допустимое ударное воздействие, 5 Дж

- Гидрофобный наполнитель: Гидрофобный гель
- Минимальный радиус изгиба 35 см
- Диапазон рабочих температур от -40° С до +50° С
- Срок службы 25 лет

Кабель для открытых участков:

Оптоволоконный кабель 48-жильный, с диэлектрическим внешним тросом, предназначенный для подвески на опорах. Оптические кабели предназначены для подвески на опорах линий связи, между зданиями и сооружениями. Допускается подвешивать кабель на контактной сети железных дорог, опорах линий электропередач в точках с максимальной величиной потенциала электрического поля до 7 кВ., а также с максимальной величиной потенциала электрического поля до 12 кВ.

- Количество волокон: 48(6 разноцветных тубов по 8 разноцветных жил).
- Самонесущий с вынесенным диэлектрическим силовым элементом.
- Для подвеса.
- Максимальное допустимое растягивающее усилие 7 КН
- Предназначен для внешней прокладки.
- Черный цвет оболочки.
- Допустимая раздавливающая нагрузка, 0,3 кН./см
- Допустимое ударное воздействие, не менее, 5 Дж.
- Минимальный радиус изгиба 35 см
- Рабочий диапазон температур, от -40°С до +80°С
- Срок службы 25 лет

Кабель для внутренних соединений:

Оптоволоконный кабель 8-жильный, диэлектрический. Оптические кабели для прокладки в кабельной канализации/в грунте в защитной трубе рядом с линиями связи, между зданиями и сооружениями. Допускается прокладка кабеля рядом с контактной сетью железных дорог, опорах линий электропередач в точках с максимальной величиной потенциала электрического поля до 7 кВ., а также с максимальной величиной потенциала электрического поля до 12 кВ.

- Оболочка не поддерживающее горение (устойчив к УФ излучению)
- Количество волокон: 8(8 разноцветных жил).
- Для прокладки в кабельной канализации/в грунте в защитной трубе.
- Максимальное допустимое растягивающее усилие 2,7 КН
- Предназначен для внешней прокладки.
- Допустимое растягивающее усилие 2.7 кН

- Раздавляющее усилие не менее, 0.3 кН/см
- Допустимое ударное воздействие, 5 Дж
- Гидрофобный наполнитель: Гидрофобный гель
- Минимальный радиус изгиба 35 см
- Диапазон рабочих температур от -40° С до +50° С
- Срок службы 25 лет

8.4.2. Требования к оптическим кроссам и ODF

Настенный кросс:

до 96 портов, поддержка SC/APC, LC/APC, FC/APC.

- Тип оптического бокса: настенный
- Количество портов: 96
- Совместимые адаптеры: FC/APC, LC/APC (duplex), MTRJ, SC/APC, ST
- Наличие сплайс-пластины: Да
- Количество вводимых кабелей: до 16-ти
- Диаметр вводимого кабеля: до 16 мм
- Количество устанавливаемых кассет: до 8
- Материал корпуса: сталь листовая 1,0 мм
- Температура эксплуатации: -40 °С ... +60 °С
- Степень защиты: Пылевлагозащита
- Макс. кол-во вводимых опт. кабелей: до 8

ODF 1U

24 портов, монтаж в стойку 19".

- Высота: 1U
- Тип установки: шкаф или стойка 19"
- Тип адаптера: SC/2xLC
- Количество портов: 24
- Материал кросса: сталь 1мм
- Максимальный диаметр кабеля: 20мм (16мм при использовании манжеты)
- Количество кабельных вводов: 6 шт.

ODF 1U

8 портов, монтаж в стойку 19".

- Высота: 1U

- Тип установки: шкаф или стойка 19"
- Тип адаптера: SC/2xLC
- Количество портов: 8
- Материал кросса: сталь 1мм
- Максимальный диаметр кабеля: 20мм (16мм при использовании манжеты)
- Количество кабельных вводов: 6 шт.

9. Условия эксплуатации

Все технические средства, применяемые при проектировании и построении системы, должны быть рассчитаны на круглосуточную эксплуатацию и соответствовать условиям промышленного применения в инфраструктуре метрополитена.

9.1. Уровень управления (диспетчерский уровень)

Режим работы: круглосуточный (24/7/365);

Температурный диапазон эксплуатации: от +15 °C до +40 °C;

Относительная влажность: от 5% до 95% при температуре до +40 °C, без образования конденсата;

Окружающая среда: невзрывоопасная;

Электропитание:

- номинальное напряжение ~220 В (допуск +10% / –10%);
- частота 50 ±1 Гц;
- оборудование должно быть рассчитано на защиту от кратковременных всплесков напряжения.

9.2. Станционный уровень (уровень вестибюля и уровень платформы)

Режим работы: круглосуточный (24/7/365);

Температурный диапазон эксплуатации: от +5 °C до +40 °C;

Относительная влажность: от 5% до 95% при температуре до +40 °C, без образования конденсата;

Окружающая среда: невзрывоопасная;

Электропитание:

- номинальное напряжение ~220 В (допуск +10% / –10%);
- частота 50 ±1 Гц;
- оборудование должно быть защищено от кратковременных выбросов напряжения до 600 В;
- при необходимости должны применяться фильтры или стабилизаторы напряжения.

9.3. Общие условия и размещение

Все устройства должны быть рассчитаны на установку в шкафах или стендовых конструкциях в технических помещениях;

Для оборудования, размещаемого вне отапливаемых помещений или в условиях вибрации, должна быть предусмотрена соответствующая степень защиты по IP (не ниже IP30) и стойкость к механическим воздействиям;

Источники бесперебойного питания должны иметь возможность подключения к двум независимым линиям и обеспечивать стабилизацию напряжения.

10. Требования к резервированию и отказоустойчивости

Система передачи данных должна быть построена с соблюдением принципа полной отказоустойчивости магистральной части и ключевых узлов, без единичных точек отказа на всех критически важных участках сети.

10.1. Топология и канальное резервирование

Магистральная сеть должна быть построена в виде оптического кольца, включающего все станции, электродепо и центральный узел (здание управления). Каждое логическое соединение между объектами должно быть продублировано по физически разнесённым волоконно-оптическим трассам.

Все соединения между магистральными коммутаторами должны быть организованы через агрегированные каналы с использованием протокола LACP (802.1AX);

Агрегация должна включать не менее двух физических интерфейсов;

В случае отказа одного интерфейса или одного из путей передача трафика должна автоматически продолжаться по оставшемуся каналу без необходимости ручного вмешательства;

Время переключения должно быть минимальным и не нарушать работу прикладных систем.

10.2. Резервирование активного оборудования

На каждом узле (включая станции, электродепо и здание управления) должно быть установлено не менее двух магистральных коммутаторов. Коммутаторы должны быть объединены в единое логическое устройство, функционирующее как виртуализированный коммутационный модуль с общим управлением, синхронизированными таблицами маршрутизации и коммутации, а также единым адресным пространством.

Такое объединение должно обеспечивать:

централизованное управление всей группой коммутаторов как единым устройством;

синхронную обработку данных и согласованную работу протоколов уровня 2 и уровня 3;

устранение необходимости использования протоколов избыточности (таких как STP) между коммутаторами группы;

автоматическое переключение трафика и сервисов при выходе из строя одного из устройств;

балансировку трафика по всем доступным линкам без образования петель.

Объединение должно быть реализовано с использованием высокоскоростных внутренних или внешних интерфейсов, обеспечивающих пропускную способность, достаточную для передачи всех служебных и пользовательских данных между устройствами без узких мест.

Каждый распределительный коммутатор станции должен быть связан с обоими магистральными коммутаторами по независимым линкам, что исключает единичные точки отказа в пределах узла.

Такой принцип организации магистрального уровня должен быть реализован как на станционном, так и на центральном уровне, включая здание управления и ЦОД.

10.3. Отказоустойчивость на уровне сервиса

При проектировании должны быть предусмотрены механизмы автообнаружения и автоматического восстановления сетевых путей при отказах;

Все сервисы (управление, маршрутизация, VLAN, DHCP-сервисы и др.) должны быть настроены так, чтобы сохранять работоспособность при отказе одного из коммутаторов в узле;

Настройки должны быть централизованно резервированы и синхронизированы между устройствами.

10.4. Целевые показатели надёжности

Минимальный уровень доступности сети: не менее 99,98%;

Время восстановления после сбоя: не более 2 часов при наличии ЗИП и обслуживающего персонала;

Средства управления должны отслеживать потери связи и регистрировать аварийные события с уведомлением операторов.

11. Система мониторинга и управления

В рамках проекта должна быть предусмотрена централизованная система мониторинга и управления сетевой инфраструктурой, обеспечивающая полный контроль за состоянием активного оборудования, каналов связи и основных сервисов.

11.1. Общие требования

Система должна обеспечивать централизованное отображение топологии сети в режиме реального времени с визуализацией всех узлов и каналов;

Поддержка следующих протоколов и механизмов мониторинга:

- SNMP v2/v3;
- Syslog;
- NetFlow или sFlow;
- Ping и Traceroute;
- SNTP/Clock-синхронизация устройств;
- Возможность настройки порогов и событий с автоматическим оповещением ответственных лиц по e-mail, SMS или в веб-интерфейсе;
- Ведение истории событий, логов и параметров производительности по каждому устройству не менее 180 суток;
- Интеграция с системой уведомлений и журналов безопасности.

11.2. Функциональные возможности

Управление конфигурациями коммутаторов, маршрутизаторов и межсетевых экранов с централизованным архивированием;

Возможность массовой загрузки/выгрузки настроек, обновлений прошивок и политик;

Отображение доступности устройств, их состояния, загруженности интерфейсов, таблиц MAC и маршрутов;

Обнаружение новых устройств в сети и оповещение об их появлении;

Построение отчётов по отказам, простоям, производительности оборудования и каналов;

Ведение единой базы инвентаризации оборудования с привязкой к узлам и ролям.

11.3. Интерфейс и доступ

Управление должно осуществляться через защищённый веб-интерфейс;

Интерфейс должен поддерживать разграничение прав доступа по ролям и уровням ответственности;

Все действия операторов и администраторов должны фиксироваться в системном журнале.

11.4. Надёжность и отказоустойчивость

Система мониторинга должна быть развёрнута на отказоустойчивой платформе;

При сбое основного сервера должна быть обеспечена возможность восстановления доступа и данных с резервной копии;

Все критически важные данные должны архивироваться автоматически не реже одного раза в сутки.

12. Требования к структурированной кабельной системе

12.1. Общие положения

В рамках реализации проекта должна быть построена структурированная кабельная система (СКС), обеспечивающая надёжную и защищённую передачу данных между всеми активными и пассивными элементами сети, включая станции, технические помещения, шахты, подстанции и центральный узел управления.

СКС должна соответствовать действующим отраслевым и строительным стандартам, применимым на территории Республики Армения, включая нормативы по безопасности, монтажу кабельных систем и эксплуатации на объектах транспорта.

СКС должна включать:

- магистральные волоконно-оптические линии связи между станциями;
- внутренние линии подключения локальных объектов (релейных, энергетических, вентиляционных и т.п.);
- стойки и шкафы, кроссы, патч-панели, коммутационные шнуры;
- систему кабельных каналов, лотков, защитных труб и метизов.

12.2. Прокладка и трассировка

Все кабельные трассы должны быть проложены по кратчайшим допустимым маршрутам с учётом конструктивных особенностей зданий и инженерных систем;

Прокладка волоконно-оптических линий должна производиться в соответствии с требованиями, установленными действующими стандартами, включая требования к допустимому натяжению, радиусу изгиба, защите от механических и климатических воздействий;

При прокладке в тоннелях, технических шахтах и помещениях с повышенной влажностью должны применяться кабели с внешней оболочкой, устойчивой к влаге, ультрафиолету, пыли и воздействию грызунов;

В проектной документации должны быть чётко обозначены схемы прокладки, креплений, точек ввода и выходов кабеля, а также зоны формирования монтажных запасов.

Размещение кабелей по трассам должно исключать натяжение, перегибы и чрезмерные радиусы изгиба.

12.3. Кроссы и коммутация

На каждом узле (станция, электродепо, ЦОД) должно быть установлено не менее одного оптического кроссового шкафа (ODF) с доступом спереди;

Используемые кроссы должны поддерживать размещение не менее 48 волокон с возможностью последующего расширения;

Все подключения должны выполняться через адаптеры и сплайс-кассеты;

Применяемые разъёмы: SC/APC, LC/APC (по проектному решению).

12.4. Маркировка и документация

Все кабели, порты, панели и соединения должны быть промаркированы согласно принятой на предприятии системе обозначений;

Маркировка должна быть стойкой к истиранию, влаге и высоким температурам;

Для каждого объекта должна быть разработана и передана Заказчику следующая документация:

- схема трассировки кабелей;
- схема портов кроссов;
- журнал ввода-вывода волокон;
- акты прозвонки и измерения оптических потерь (OTDR, power meter).

12.5. Запасы и защита

При прокладке магистральных линий необходимо предусмотреть технологический запас кабеля не менее 5% по длине;

В каждой кроссовой и монтажной точке должен быть сформирован запас волокна (не менее 2 метров) для возможной перекоммутации или ремонта;

Все слаботочные линии должны быть изолированы от силовых и проложены с соблюдением нормативных расстояний.

13. Эксплуатация и сопровождение

13.1. Общие положения

Создаваемая система должна быть спроектирована с учётом минимизации трудоёмкости эксплуатации и необходимости постоянного вмешательства персонала. Архитектура, программные средства и автоматизация процессов должны обеспечивать возможность круглосуточной работы с минимальным участием обслуживающего персонала.

Режим работы обслуживающего и эксплуатационного персонала системы определяется внутренними регламентами и штатным расписанием Заказчика и должен соответствовать действующему трудовому законодательству и санитарным нормам.

13.2. Обслуживание и регламентные работы

Система должна обеспечивать следующие формы сопровождения:

внедрение системы в действие (установка, настройка, проверка работоспособности, ввод в промышленную эксплуатацию);

оперативное обслуживание — контроль функционирования оборудования не реже одного раза в месяц;

профилактические работы — проверка и обслуживание оборудования не реже одного раза в полгода;

обслуживание в аварийных ситуациях и переход на резервные элементы (при наличии);

модернизация компонентов системы без остановки критически важных функций;

внедрение новых подсистем (как силами Заказчика, так и сторонних подрядчиков);

восстановление работоспособности при отказах путём замены неисправного оборудования на резервное из состава ЗИП.

13.3. Ремонт и поддержка

Вышедшие из строя модули, блоки и устройства должны подлежать ремонту специализированными организациями или техническим персоналом Заказчика при наличии допуска и соответствующей подготовки;

Аппаратные решения должны быть построены на базе унифицированных компонентов, допускающих замену без перепроектирования системы;

Конструктив оборудования должен обеспечивать лёгкий доступ к ремонтируемым узлам и минимальное время восстановления работоспособности.

13.4. Обучение персонала

После завершения внедрения системы подрядчик должен организовать обучение персонала Заказчика.

Программа обучения должна охватывать:

- техническую архитектуру системы;
- базовые операции мониторинга и настройки;
- порядок действий при авариях и сбоях;
- регламент технического обслуживания.

13.5. Резервный комплект оборудования (ЗИП)

Состав и объём ЗИП определяются типом оборудования и должны обеспечивать восстановление работоспособности системы в течение 2 часов при наличии обслуживающего персонала.

В качестве ориентира для расчёта ЗИП допускается использование следующих значений:

- платы управления и процессорные модули: до 4%;
- модули ввода/вывода и интерфейсов: до 3%;
- отдельные компоненты (вентиляторы, БП, модули SFP и т.п.): до 10%;
- металлоконструкции (шкафы, стойки): запас не требуется;

Хранение ЗИП должно осуществляться в условиях, рекомендованных производителем, с обеспечением доступа при аварийных ситуациях.

13.6. Модернизация и расширение

Система должна поддерживать возможность поэтапной модернизации и расширения:

- замены устаревших компонентов без влияния на работу других подсистем;
- ввода новых подсистем без длительных остановок;
- расширения за счёт подключения совместимого оборудования от текущего или альтернативных производителей.

График и объём модернизации, а также регламент обновлений оборудования и ПО определяются Заказчиком или согласуются отдельно с подрядчиком в процессе эксплуатации.

14. Требования к безопасности

14.1. Электрическая и пожарная безопасность

Все технические средства системы должны соответствовать требованиям действующих нормативов по электро- и пожарной безопасности, применимых на территории Республики Армения и ЕС;

Оборудование, находящееся под опасным для жизни напряжением, должно быть защищено от случайного прикосновения;

Все устройства должны иметь защитное заземление или зануление, организованное в соответствии с действующими правилами устройства электроустановок;

Размещение оборудования должно обеспечивать его безопасное обслуживание, исключая контакт с токоведущими частями;

При разработке эксплуатационной документации должны быть изложены требования по безопасности, квалификации обслуживающего персонала и допустимым условиям эксплуатации.

14.2. Защита от внешних воздействий

Средства вычислительной техники и телекоммуникационные устройства должны быть размещены в местах, где исключено воздействие повышенной температуры, влаги, масла, пыли и вибрации сверх допустимых значений;

В местах размещения оборудования напряжённость магнитного поля не должна превышать 400 А/м;

Электронные устройства должны иметь автономные контуры заземления, не связанные с заземлением силового оборудования;

Кабельные трассы должны быть разнесены: укладка в один жгут цепей электропитания, сигнальных и информационных линий не допускается;

При необходимости линии связи должны быть экранированы или заменены на оптоволоконные.

14.3. Защита от несанкционированного доступа

Вся система должна обеспечивать разграничение прав доступа по уровням пользователей, защищённым паролями;

Количество уровней доступа, их функции и права должны быть согласованы Заказчиком и Подрядчиком на стадии проектирования;

Должна быть реализована регистрация действий операторов и технического персонала;

Доступ к операционной системе оборудования и управляющих рабочих мест должен быть защищён в соответствии с регламентами Заказчика;

Резервные и эталонные копии программного обеспечения и конфигураций должны быть защищены от несанкционированного доступа организационно-техническими мерами.

14.4. Соответствие международным стандартам

Компоненты системы должны соответствовать или быть эквивалентны требованиям следующих категорий стандартов:

Безопасность:

UL 60950-1, IEC 60950-1, EN 60950-1, CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1;

EN 60825-1, UL 62368-1 Ed. 2, IEC 62368-1 Ed. 2, EN62368-1:2014;

Электромагнитная совместимость и выбросы:

VCCI-CISPR 32, CNS 13438, ICES-003 Issue 6, FCC CFR 47 Part 15;

EN 55032:2015, EN 55024:2010, EN 55035:2017;

Помехозащищённость и устойчивость:

IEC 61000-4-2 (ESD), -4-3 (RF), -4-4 (импульсы), -4-5 (наводки);

IEC 61000-4-6, -4-8 (магнитные поля), -4-11 (перебои);

EN 61000-3-2 (гармоники), EN 61000-3-3 (фликер).

15. Стандартизация и унификация

15.1. Технические средства

В составе системы должны использоваться серийно выпускаемые технические средства, соответствующие международным или признанным промышленным стандартам. Предпочтение отдается унифицированным устройствам, обеспечивающим совместимость между различными узлами системы без необходимости модификации конструкции, интерфейсов или протоколов.

Конструктивное исполнение оборудования (шкафы, стойки, модули, панели и т.п.) должно быть стандартизовано по типам и габаритам. Рекомендуется использовать минимальное число типоразмеров шкафов и номинальных значений питающих напряжений.

15.2. Программное обеспечение

Программные компоненты системы должны строиться на базе общих и широко применяемых платформ, включая:

- стандартные операционные системы (сетевые, серверные, встроенные);
- системы управления базами данных (реляционные или встроенные, если применимо);
- инструменты мониторинга и администрирования, совместимые с промышленными стандартами (SNMP, Syslog, CLI, NetFlow/sFlow и т.д.);
- интерфейсы управления, приближенные по структуре к проектным изображениям технологических схем.

15.3. Унификация компонентов

Конструкции шкафов, стоек, функциональных модулей и навесных решений должны быть выполнены по унифицированным стандартам;

Все элементы системы должны быть модульными, взаимозаменяемыми по мере технической возможности;

Разработка и внедрение новых подсистем не должно требовать переработки существующей архитектуры, за исключением случаев технологической модернизации.

15.4. Минимизация номенклатуры

Проект должен предусматривать минимизацию количества различных моделей оборудования, кабелей, крепежа и прочих элементов с целью упрощения логистики, технического обслуживания, ремонта и хранения ЗИП. Одинаковые по назначению устройства должны быть одного типа и исполнителя, за исключением обоснованных исключений.

15.5. Совместимость

Коммутационное и сетевое оборудование, применяемое в системе, должно обеспечивать возможность:

- подключения модулей (например, SFP) сторонних производителей при соблюдении совместимости;
- взаимодействия по открытым протоколам (802.1Q, 802.1AX, SNMP, IPv4/IPv6, MSTP и др.);
- расширения системы с использованием оборудования от таких производителей, как Cisco, Juniper, Huawei, Fortinet, Palo Alto, HPE, D-Link или других, при условии соблюдения заявленных параметров совместимости.

16. Этапы реализации проекта и порядок приёмки

16.1. Этапы выполнения работ

Реализация проекта должна быть разделена на последовательные этапы с чётко определённым содержанием, результатами и сроками выполнения:

1. Подготовительный этап:

- сбор и уточнение исходных данных;
- обследование объектов;
- разработка технического проекта;
- согласование решений с Заказчиком.

2. Поставка оборудования:

- закупка и доставка технических средств;
- проверка комплектности и соответствия;
- подготовка ЗИП и эксплуатационной документации.

3. Монтажные и пусконаладочные работы:

- монтаж кабельных трасс и коммутационного оборудования;
- ввод в эксплуатацию оборудования и программных средств;
- проведение комплексных испытаний.

4. Обучение персонала Заказчика:

- теоретическая и практическая подготовка;
- выдача методических и эксплуатационных материалов.

5. Переход к промышленной эксплуатации:

- оформление актов испытаний;
- устранение выявленных замечаний;
- передача системы в промышленную эксплуатацию.

16.2. Порядок приёмки

Приёмка выполненных работ осуществляется поэтапно, на основании подписанных актов и протоколов испытаний.

Все этапы сопровождаются сдачей исполнительной документации, включая:

- технический проект;
- схемы и планы трасс;
- конфигурационные файлы и инструкции;

- акты измерений и настройки;
- журналы работ и протоколы испытаний.

Финальная приёмка производится по результатам:

- функциональных и нагрузочных испытаний;
- оценки полноты поставки;
- соответствия установленным требованиям ТЗ;
- проверки обученности персонала.

16.3. Условия завершения

Проект считается завершённым после:

- устранения всех замечаний, зафиксированных в ходе испытаний;
- передачи комплектов документации и ЗИП;
- подписания двустороннего акта приёмки;
- подтверждения начала промышленной эксплуатации системы.

17. Требования к документации и отчётности

17.1. Проектная документация

На этапе разработки проекта Подрядчик должен представить следующую документацию:

- пояснительная записка (с описанием технических решений и архитектуры),
- рабочие чертежи:
 - схемы построения (организации связи (СПД), топологии,
 - схему построения системы управления,
 - планы размещения оборудования в помещениях, схемы расположения оборудования в шкафах,
 - монтажные схемы оборудования (включая заземление, электропитание и соединения);
 - схемы прокладки кабельных трасс;
 - спецификации оборудования и материалов;
 - документы, подтверждающие соответствие оборудования требованиям безопасности и стандартам.

17.2. Исполнительная документация

По завершении монтажных и пусконаладочных работ Подрядчик обязан предоставить:

- схемы фактически реализованных кабельных трасс и коммутаций;
- схемы подключения питания и заземления;
- протоколы измерений оптических линий (OTDR, рефлектометрия, потери);
- протоколы настройки и тестирования оборудования;
- журналы пусконаладочных работ;
- акты скрытых работ;
- акты завершения каждого этапа.

17.3. Эксплуатационная документация

При сдаче системы в эксплуатацию Заказчику передаются:

- инструкции по эксплуатации оборудования и программного обеспечения;
- руководство пользователя и администратора;
- регламенты технического обслуживания;
- описание процедур резервного копирования и восстановления;

- таблицы адресации, схемы VLAN, маршрутизации и доступа;
- журнал первичной настройки и исходные конфигурационные файлы.

17.4. Формат и структура

Вся документация должна быть оформлена:

- в электронном виде (PDF, DOCX, XLSX, DWG, XML и др.) и на бумажном носителе в 2-х экземплярах;
- с единым стилем оформления, оглавлением, структурой и системой нумерации;
- с обязательным указанием версии и даты актуализации на титульном листе и в подвале документа.

17.5. Обновление и сопровождение

- Все изменения, внесённые в систему в ходе внедрения, должны быть отражены в финальной версии исполнительной документации;
- В случае последующей модернизации или расширения системы обновлённая документация должна быть предоставлена в полном объёме;
- Документация должна храниться в формате, пригодном для долгосрочного архивного хранения и использования в рамках регламентов Заказчика.

18. Гарантийные обязательства

18.1. Гарантийный срок

Подрядчик предоставляет гарантию на все поставленные технические и программные средства, а также на выполненные работы, сроком не менее ****24 месяцев**** с момента подписания акта ввода системы в промышленную эксплуатацию.

18.2. Объём гарантийных обязательств

В рамках гарантийного срока Подрядчик обязан:

- осуществлять замену вышедших из строя компонентов за свой счёт;
- устранять выявленные дефекты, возникшие по вине поставщика оборудования или подрядчика;
- оказывать техническую консультационную поддержку Заказчику;
- при необходимости — осуществлять выезд на объект для диагностики и восстановления.

18.3. Условия гарантии

Под гарантийное обслуживание подпадает оборудование, введённое в эксплуатацию в соответствии с технической документацией.

Нарушение условий эксплуатации, а также несанкционированное вмешательство в конструкцию или конфигурацию оборудования Заказчиком может стать основанием для отказа в гарантии.

Гарантийные обязательства не распространяются на расходные материалы, повреждения вследствие стихийных бедствий, аварий электросети и иных внешних факторов, не связанных с качеством поставки.

18.4. Сроки устранения неисправностей

Время восстановления работоспособности системы при отказе компонентов в рамках гарантии — не более ****2 рабочих дней**** с момента получения заявки.

При невозможности устранения неисправности в указанный срок Подрядчик обязан предоставить временную замену оборудования (если это влияет на работоспособность всей системы).

18.5. Постгарантийное обслуживание

По окончании гарантийного срока Подрядчик обязан предложить условия постгарантийной поддержки, включая возможность закупки ЗИП, технической помощи и сопровождения;

При необходимости, между Сторонами может быть заключён отдельный договор на обслуживание в рамках SLA (Service Level Agreement), по согласованному перечню сервисов.

19. Требования к компании подрядчика

- Поставляемое Компанией всё оборудование и компоненты системы должны быть промышленного изготовления, сертифицированные и унифицированные.
- Компания должна иметь лицензию на проектирование систем связи и телекоммуникаций. Компания должна иметь опыт проектирования в метрополитене. Компания должна иметь опыт поставок в метрополитен.

В подтверждение опыта осуществления поставок оборудования связи участник в составе заявки представляет:

1) документ, подготовленный в соответствии с Формой сведений об опыте поставки товаров, выполнения работ, оказания услуг, представленной в приложении № 1.3 закупочной документации о наличии требуемого опыта;

и

2) накладные о поставке товаров;

и

3) договоры на поставку товаров (представляются все листы договоров со всеми приложениями и дополнительными соглашениями);

4) документы, подтверждающие правопреемство в случае предоставления в подтверждение опыта договоров, заключаемых иными лицами, не являющимися участниками закупки (договор о правопреемстве организации, передаточный акт и др.);

20. Укрупнённый график поставок и выполнения работ по проектированию и внедрению структурированной оптоволоконной транспортной сети передачи данных для объектов Ереванского метрополитена имени Карена Демирчяна.

№	Название этапа	Срок окончания, месяцы	Стоимость, % от всей суммы
1	Обследование объекта, изыскательские работы, разработка проектной документации	1	15.0
2	Поставка оборудования и материалов	3-4	55
3	Монтаж и запуск в опытную эксплуатацию	5-6	30.0
			100.0

Все сроки выполнения работ определяются в предложении претендента и задаются в месяцах с момента подписания Договора.

Перечень документов предъявляемых по окончании выполнения работ и их содержание определяется в Техническом Задании.

Экспертиза технической документации осуществляется путём согласования с соответствующими службами Заказчика.

Согласовано:

Директор по эксплуатации

Начальник технического отдела

Составил:

Начальник службы „Коммуникационных инфраструктур”

Егiazарян С.А.

Гукaсян А.А.

Серoбян А.Т.