Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ

ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО»

(УНИВЕРСИТЕТ ИТМО)

**УТВЕРЖДЕН**

**СНАБ.465600.001 ПД-ЛУ**

**ПИЛОТНЫЙ УЧАСТОК МАГИСТРАЛЬНОЙ КВАНТОВОЙ СЕТИ (ПУ МКС)**

**Пилотный участок магистральной квантовой сети (ПУ МКС)  
(шифр «7.422»)**

**Общее описание системы**

**СНАБ.465600.001 ПД**

**Листов 91**

Содержание

[1 Назначение системы 3](#_Toc73371828)

[2 Описание системы 5](#_Toc73371832)

[3 Описание взаимосвязей ПУ МКС с другими системами 5](#_Toc73371836)5

[4 Описание подсистем 5](#_Toc73371841)6

[Перечень принятых сокращений 8](#_Toc73371866)9

**1 Назначение системы**

**1.1 Вид деятельности, для автоматизации которой предназначена система**

ПУ МКС (пилотный участок магистральной квантовой сети) предназначен для обеспечения связности географически распределенных центров оказания услуг на основе квантово-защищенной передачи данных между городами Москва и Санкт-Петербург (в том числе сбор, передачу, обработку и загрузку данных).

ПУ МКС обеспечивает сетевую связность географически распределенных центров оказания услуг распределения криптографических ключей, защищенных с применением технологий квантовой коммуникации, между точками оказания услуг потребителям (клиентам), как одиночным, так и группам потребителей (клиентов).

**1.2 Перечень объектов автоматизации, на которых используется система**

Предметом цифровой автоматизации является процесс безопасной передачи конфиденциальных данных в рамках информационного взаимодействия абонентов магистральной волоконно-оптической сети передачи данных между городами Москва и Санкт-Петербург, эксплуатируемой ОАО «РЖД», с применением квантовых ключей.

**1.3 Перечень функций, реализуемых системой**

ПУ МКС выполняет следующе функции:

* защищённое на квантовом уровне распределение ключей между географически распределенными точками оказания услуг потребителям (клиентам), как одиночным, так и группам потребителей (клиентов);
* обновление квантово-защищённых ключей в системах защищённой передачи информации;
* управление устройствами, ключами и данными, мониторинг квантовой сети.

**2 Описание системы**

**2.1 Структура системы и назначение ее частей**

Структурно ПУ МКС представляет собой распределенную сеть, состоящую из опорных узлов, промежуточных опорных узлов, оконечных клиентских узлов, центров обработки данных, центра управления и мониторинга, а также центра хранения и обработки данных.

В виду того, что ПУ МКС представляет собой совокупность узлов, а также центров мониторинга и управления, назначение ПУ МКС классифицируется по узлам, на которых оно выполняется:

1. Узел ОУ1 (узлы 1 и 15) – опорные узлы, функция которых собирать трафик клиентов с подключенных к ним узлов и через высокоскоростные шифраторы отправлять его в зашифрованном виде (с использованием квантовых ключей или квантово – защищенных ключей) через магистральную сеть в другой город.
2. Узел ОУ2 (узел 20) – опорный узел второго типа, который при масштабировании сети будет выполнять функции ОУ1.
3. ПОУ1 (узлы 2 – 14) – промежуточные опорные узлы, которые только принимают трафик от соседних узлов и отправляют его дальше. Такое количество промежуточных узлов необходимо, потому что помимо трафика клиентов передаются квантовые ключи, а устройства КРК, которые выполняют функцию распределения ключей, имеют ограничение по дальности. Для передачи квантовых ключей усилители не подходят, так как любое взаимодействие с квантовым ключом изменяет его. Поэтому в каждом из этих узлов есть шифраторы, которые получают квантовые ключи, могут шифровать и расшифровывать информацию с использованием квантовых ключей, вырабатываемых на смежных линиях квантовой коммуникации, обеспечивая тем самым защищенную передачу данных между узлами 1, 15, 20. Кроме того, данные шифраторы также могут выполнять рассылку по сети формируемых на основе квантовых ключей квантово – защищенных ключей, в т.ч. между узлами 1, 15 и 20.
4. ПОУ2 (узел 7) выполняет те же функции, что и ПОУ1, но дополнительно имеет ответвление, которое связывает его через оптический соединитель с узлом 21 (ПОУ3).
5. ПОУ3 (узлы 18 и 21) выполняет функции ПОУ1, но туда доставляются только квантовые ключи и квантово–защищенные ключи, взаимная передача трафика клиентов не осуществляется. Там отсутствуют магистральные шифраторы, есть только КРК и низкоскоростные СКЗИ. Услуги по передаче трафика клиентов с использованием квантовых ключей оказывает Ростелеком в своей собственной сети.
6. ПОУ4 (узлы 16, 17, 19) – эти узлы подключаются к опорным узлам 1 и 15, выполняют функцию промежуточных опорных (ПОУ), передающих трафик клиентов и квантовые ключи, и оконечных клиентских (ОКУ), в которых устанавливается клиентское оборудование. В них стоят низкоскоростные шифраторы, которые могут собирать трафик клиентов с нескольких таких узлов и его на специальном коммутаторе (шейпере) собрать в опорных узлах 1 и 15 и направить по магистральной сети. В ПОУ4 планируется проведение экспериментов с использованием пользовательской видеотелефонной связи.
7. ОКУ (на схеме ПУ МКС отдельно отсутствует, входит в состав ПОУ4) оконечный клиентский узел, который включает в себя СКЗИ, в которую можно по обычной локальной сети удаленно загрузить квантово-защищенные ключи.

2.2Сведения о ПУ МКС в целом и его составных частях, необходимых для обеспечения эксплуатации системы.

Схема ПУ МКС, содержащая сведения об узлах ПУ МКС (по типам), а также, их размещению в населенных пунктах, и связях между ними, приведена на рисунке 1.

На рисунке 1 показана схема ПУ МКС

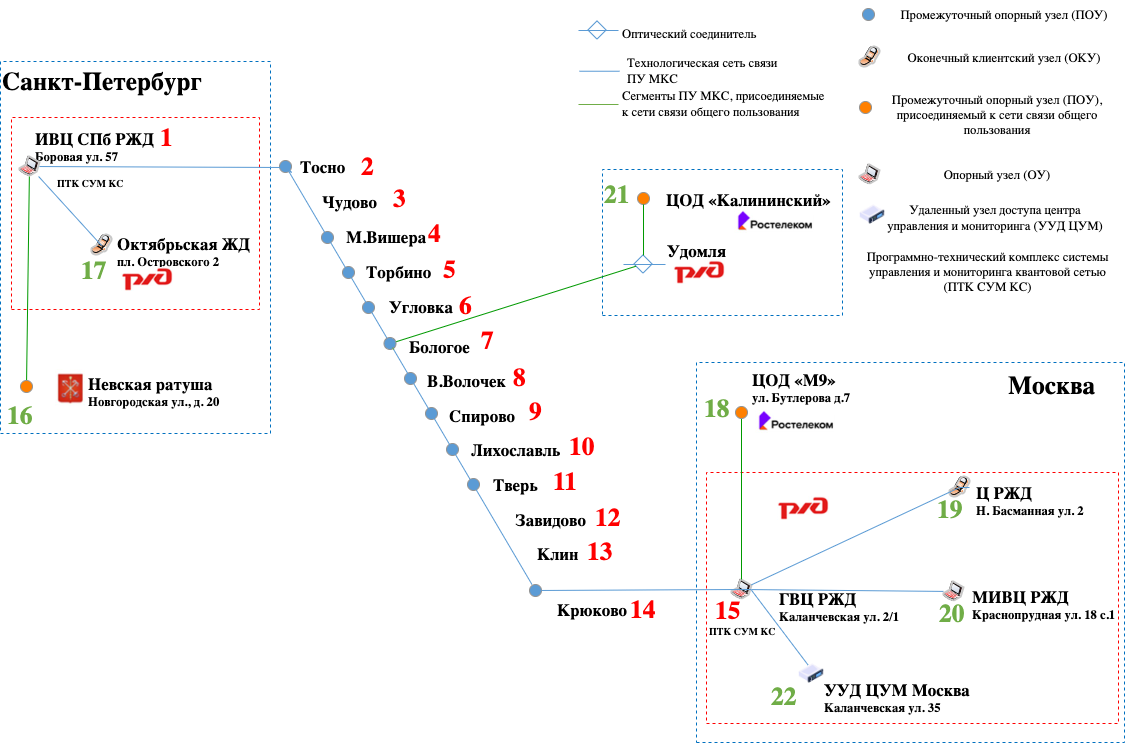


Рисунок 1 – Схема ПУ МКС.

ПУ МКС организован в виде промежуточных опорных узлов (далее - ПОУ) четырех типов (ПОУ1, ПОУ2 и ПОУ3, ПОУ4), опорных узлов (далее - ОУ) двух типов (ОУ1 и ОУ2), а также программно-технический комплекс центра управления и мониторинга (далее – ПТК ЦУМ) в одном помещении с ОУ1, и удаленный узел доступа центра управления и мониторинга (далее – УУД ЦУМ). Технические средства ОКУ размещаются на ПОУ4.

ОУ и ПОУ разделены на несколько подтипов в зависимости от их роли в ПУ МКС и места размещения. Подтип узлов однозначно определяет набор оборудования, установленного на них.

На ПУ МКС размещены следующие узлы магистральной квантовой сети в количестве:

1) ОУ1 – 2 шт.:

* ИВЦ СПб РЖД, г. Санкт-Петербург;
* ГВЦ РЖД, г. Москва;

2) ОУ2 – 1 шт.:

* МИВЦ РЖД, г. Москва;

3) ПОУ1 – 12 шт.;

* ст. Крюково;
* ст. Клин;
* ст. Тверь;
* ст. Завидово;
* ст. Лихославль;
* ст. Спирово;
* ст. Вышний Волочек;
* ст. Угловка;
* ст. Торбино;
* ст. М.Вишера;
* ст. Чудово;
* ст. Тосно;

4) ПОУ2 – 1 шт.;

* г. Бологое;

5) ПОУ3 – 2 шт;

* ЦОД «Калининский», г. Удомля;
* ЦОД «М9», г. Москва, ул. Бутлерова, д. 7;

6) ПОУ4 – 3 шт.

* Управление Октябрьской ЖД (г. Санкт-Петербург, пл. Островского, д. 2);
* Администрация СПб (г. Санкт-Петербург, ул. Новгородская, д. 20);
* Ц РЖД (г. Москва, ул. Басманная, д. 2/1, стр. 1);

7) УУД ЦУМ (ул. Каланчевская, д. 35).

Оборудование ПТК ЦУМ размещено в двух узлах ПУ МКС:

* в Главном вычислительном центре ОАО «РЖД» (ГВЦ РЖД, г. Москва, ул. Каланчевская, д. 2/1) – ОУ (узел 15);
* в Санкт-Петербургском вычислительном центре ОАО «РЖД» (ИВЦ РЖД, г. Санкт-Петербург, ул. Боровая, д. 57) – ОУ1 (узел 1).

Первый тип узла ПУ МКС – ПОУ1, не предусматривает подключение клиентского оборудования; предназначен для обмена защищённым трафиком квантовой сети на скорости 10 Гбит/с между ОУ, размещенными в Санкт-Петербурге и Москве.

Схема размещения КТС ПУ МКС на узлах типа ПОУ1 представлена на рисунке 2.

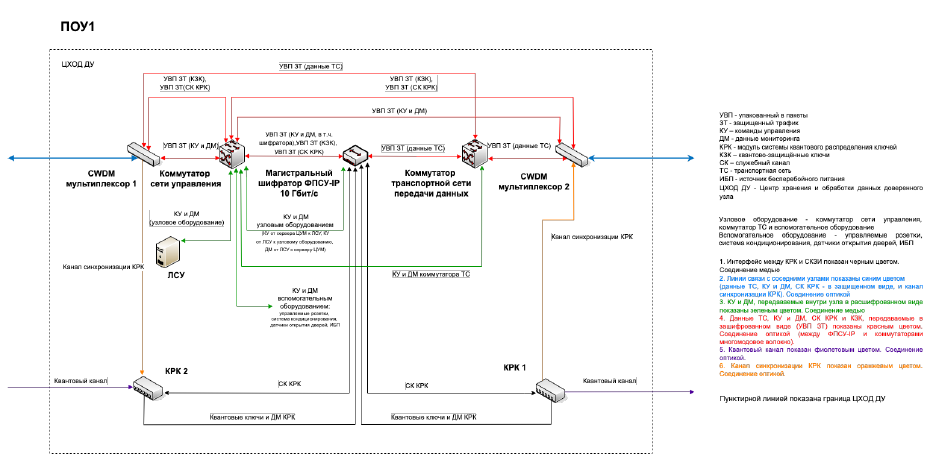


Рисунок 2 – Состав оборудования на ПОУ1.

ПОУ1 предназначен для:

* транзита зашифрованного трафика между ОУ на скорости 10 Гбит/с средствами СУМ КС без перешифрования в ПОУ (данные шифруются в ОУ на КЗК);
* транзита зашифрованного трафика между ОУ на скорости 10 Гбит/с с повторным шифрованием данных на КК, вырабатываемых на отдельных квантовых каналах;
* генерации КК между соседними узлами средствами КРК;
* генерации КЗК между разнесенными узлами, не имеющими общего квантового канала;
* обеспечения удалённого управления и мониторинга средствами СУМ КС.

На ПОУ1 устанавливаются модули КРК разных комплектов. КРК 1 – модуль получателя, КРК 2 – модуль отправителя. С их помощью выполняется рассылка КК по принципу «точка-точка» между соседними узлами ПУ МКС (ПОУ1, ПОУ2, ПОУ3 или ОУ1).

Коммутатор сети управления получает команды управления из ПТК ЦУМ и отправляет данные мониторинга в ПТК ЦУМ через цепочку коммутаторов сети управления по дуплексному каналу. Команды управления СУМ КС поступают в ЛСУ. Данные мониторинга следуют в обратном порядке. Данные мониторинга инженерной инфраструктурой агрегируется из ЛСУ и высылаются из него в ПТК% ЦУМ.

Зашифрованные данные на скорости 10 Гбит/с поступают по дуплексному каналу из CWDM в коммутатор транспортной сети передачи данных, откуда направляются им без преобразования в следующий узел через CWDM.

Узел ПОУ2 отличается от ПОУ1 наличием ответвления. Оборудование узла размещено в населенном пункте «Бологое», и соединяется с ЦОД «Калининский» через населенный пункт Удомля и двумя ПОУ1 в Угловке и Вышнем Волочке. ПОУ2 содержит три модуля КРК и CWDM-мультиплексора и выполняет функции, аналогичные ПОУ1.

Функции ПОУ2 аналогичны ПОУ1 со следующими отличиями:

* трафик КК и КЗК направляется не на 2, а на 3 направления в связи с наличием ответвления;
* трафик транспортной сети не направляется в смежный ПОУ3.

Состав оборудования КТС ПУ МКС на узлах типа ПОУ2, представлен на рисунке 3.

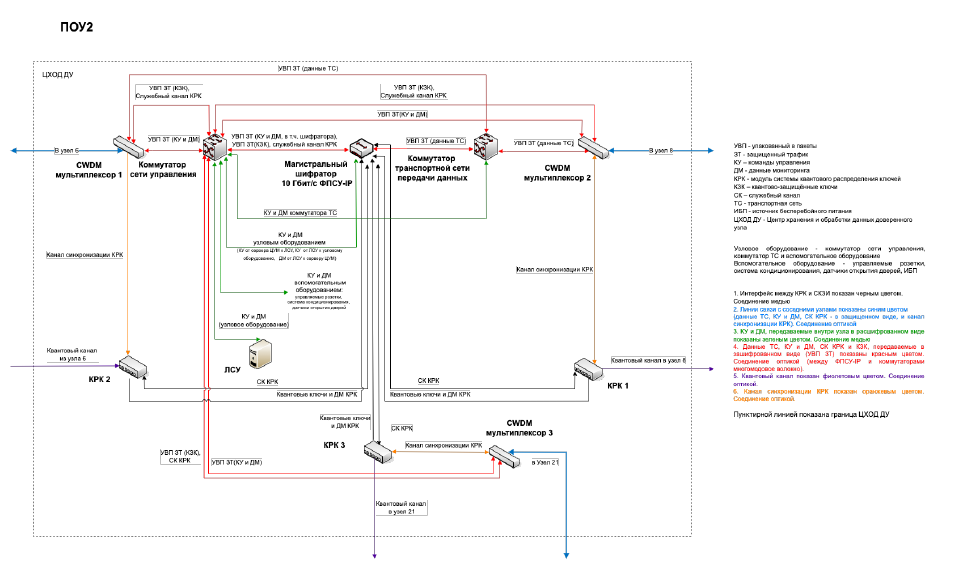


Рисунок 3 – Состав оборудования КТС ПУ МКС на ПОУ2.

Состав оборудования ПОУ2 в целом соответствует ПОУ, за исключением того, что в ПОУ2 устанавливается дополнительный модуль КРК (КРК 3 на рисунках 4 и 5) и CWDM мультиплексор (для связи с ПОУ3 в ЦОД «Калининский»), а также коммутатор сети управления, поддерживающий достаточно количество SFP-модулей для организации связи на 3 направления (12 шт.).

В ПОУ3 (в ПУ МКС представлено два узла такого типа: ЦОД «Калининский, ЦОД «М9» – г. Москва, ул. Бутлерова, д.7) организована только доставка ключей (КК и КЗК) без передачи зашифрованного трафика и без подключения следующего узла. Также, данные узлы являются топологически оконечными. В связи с этим имеются следующие отличия в составе ПОУ3 по сравнению с ПОУ1:

* устанавливается один модуль КРК и один CWDM мультиплексор для соединения со смежным узлом;
* отсутствует коммутатор транспортной сети передачи данных.

Состав оборудования КТС ПУ МКС на узлах типа ПОУ3, представлен на рисунке 4.

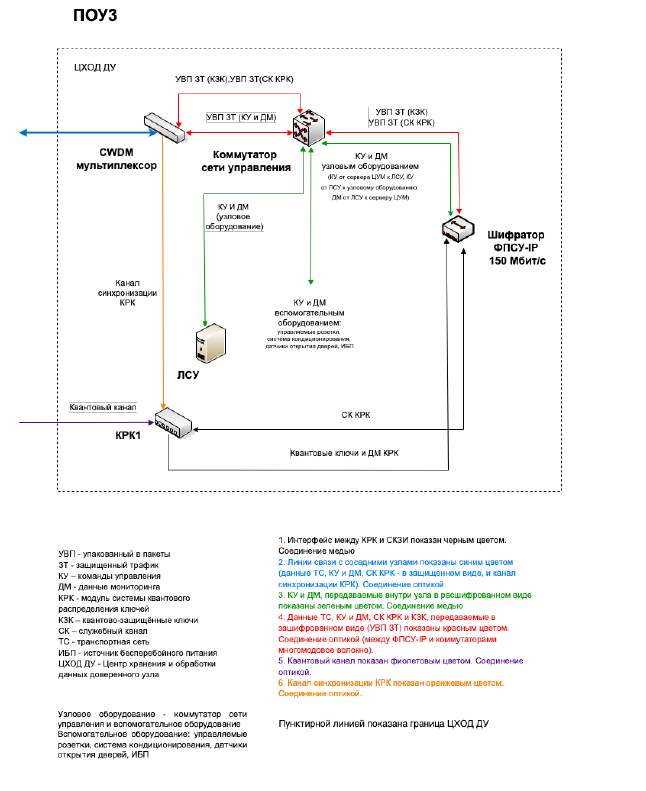


Рисунок 4 – Состав оборудования КТС ПУ МКС на ПОУ3.

Состав и функции ПОУ3 повторяют ПОУ1. Рассылка КЗК между двумя узлами типа ПОУ3 осуществляется через сеть управления и мониторинга ПУ МКС. Для передачи КЗК необходимо использовать дуплексный канал связи. Передача КЗК осуществляется в том же информационном канале, что и передача СК КРК. СК КРК передаётся через СКЗИ, откуда направляется в коммутатор сети управления и далее в CWDM. Канал синхронизации КРК следует через CWDM мультиплексор на выделенной длине волны.

ПОУ4 размещаются в следующих узлах: Администрация Санкт-Петербурга, Октябрьская ЖД, Ц РЖД. Схема размещения КТС ПУ МКС на узлах типа ПОУ4 ПУ МКС представлена на рисунке 5.

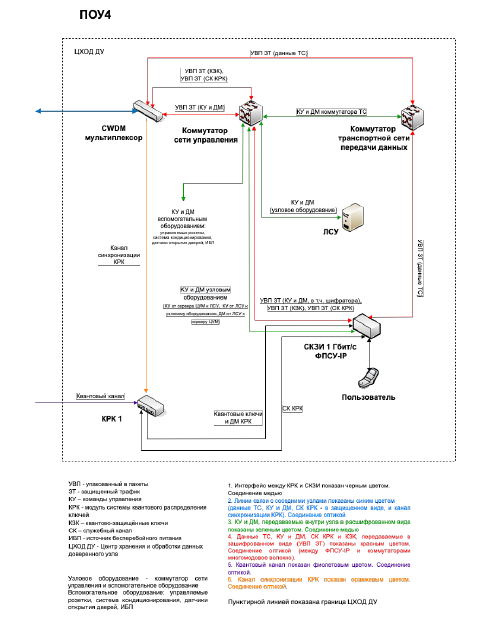


Рисунок 5 – Состав оборудования КТС ПУ МКС на ПОУ4.

ПОУ4 совмещает в себе общие функции ПОУ и ОКУ, обеспечивая генерацию и шифрование клиентской информации, а также ее передачу до ОУ по оптический сети. Для этих целей на нём размещается клиентский шифратор 1 Гбит/с и устройство генерации пользовательского трафика (видеофон). Трафик пользователя следуют через СКЗИ 1 Гбит/с, который принимает КК от КРК, и в зашифрованном виде направляется через коммутатор транспортной передачи данных в CWDM мультиплексор. Далее пользовательский трафик следует по ВОЛС в ОУ, где поступает в маршрутизатор-шейпер.

В ПОУ4 по адресу ул. Басманная, д. 2 видеотелефон подключается от шкафа с оборудованием ПУ МКС, располагаемого в помещении серверной ГЦУ, по следующей схеме: медиаконвертер (располагаемые в узлах типа ПОУ4 медиаконверторы) по UTP кабелю подключаяется к ФПСУ-IP, от медиаконвертера проложен оптический патч-корд до существующего оптического кросса, расположенного в шкафу помещения 0304, далее осуществляется соединение данного оптического кросса по расположенным в здании существующим оптическим линиям с расположенным в помещении 116 существующим оптическим кроссом, к которому с помощью оптического патч-корда подключается медиаконвертер. От данного медиаконвертера с помощью UTP кабеля прокладывается трасса до кабинета 220 через размыкатель «Соната», где располагается телефонный аппарат. Все трассы проходят по помещениям в одном здании, в которое ограничен доступ посторонних лиц.

Аналогично предполагается временное размещение входящего в состав ПОУ4 по адресу ул. Новгородская д.20 видеотелефона в другом помещении по адресу Смольный проезд, д.1. Подключение видеотелефона осуществляется с использованием пары медиаконверторов по существующей волоконно – оптической линии связи. Впоследствии предполагается постоянное размещение видеотелефона по адресу ул. Новгородская д.20, в помещении 7104.

Поскольку, как и ПОУ3, ПОУ4 топологически находятся на концах сети, в них имеется только один модуль КРК (на рисунке КРК 1) и CWDM мультиплексор.

В общем случае КТС ОУ дополняет КТС ПОУ, однако опорные узлы ОУ1/1 (ИВЦ СПб РЖД), ОУ1/2 (ГВЦ РЖД) и ОУ2 (МИВЦ РЖД) отличаются количеством связей с соседними узлами (рисунок 1). В связи с этим, ОУ также отличаются количеством модулей КРК и CWDM, так как ОУ1/1 имеет связи с 3 узлами, ОУ1/2 – с 4 узлами, ОУ2 – с 1 узлом. Как и узлы типа ПОУ1 и ПОУ2, все ОУ содержат магистральные шифраторы, преназначенные для защиты трафика на скорости до 10 Гбит/с. В ОУ1/1 и ОУ1/2 также установлен маршрутизатор-шейпер, выполняющий функцию сбора низкоскоростного пользовательского трафика ОКУ (в ПУ МКС ПОУ4), управления полосой пропускания клиентских каналов и их загрузки в магистральный шифратор.

Состав узла 15 подтипа ОУ1/2 аналогичен составу узла 1 подтипа ОУ1/1, за исключением того, что он соединён с четырьмя узлами ПУ МКС. По этой причине в его состав входят четыре модуля КРК и четыре CWDM мультиплексора. Схема структурная КТС ОУ1/2 ПУ МКС показана на рисунке 6. Схема структурная КТС ОУ1/1 ПУ МКС показана на рисунке 7.

Опорные узлы (ОУ) предназначены для:

* сбора ключевого (КЗК) трафика, генерируемого сетью ПУ МКС;
* рассылки КЗК в ОКУ (или ПОУ4);
* агрегирования пользовательского трафика от подключаемых к ним ОКУ (или ПОУ4);
* шифрования и направления пользовательского трафика по магистральной линии между ОУ (с использованием КК или КЗК);
* выполнения функций ПОУ (если ОУ не является топологически оконечным).

Состав оборудования, размещаемого на узлах 1 и 15 типа ОУ1, представлен на рисунках 6 и 7.

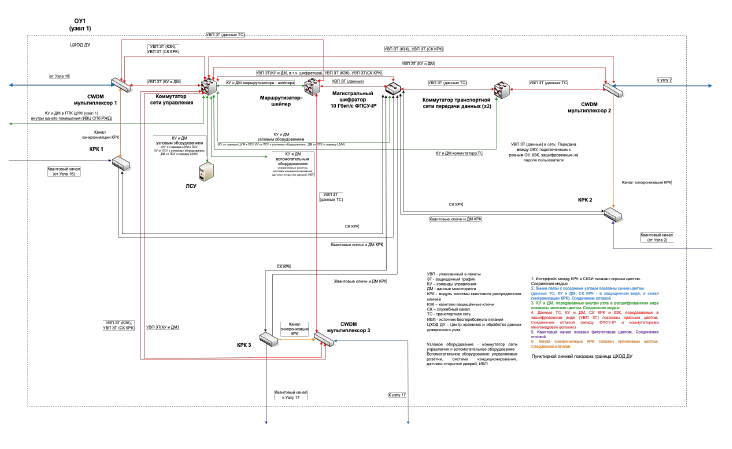


Рисунок 6 – Состав оборудования КТС ПУ МКС на узле 1 типа ОУ1/1.

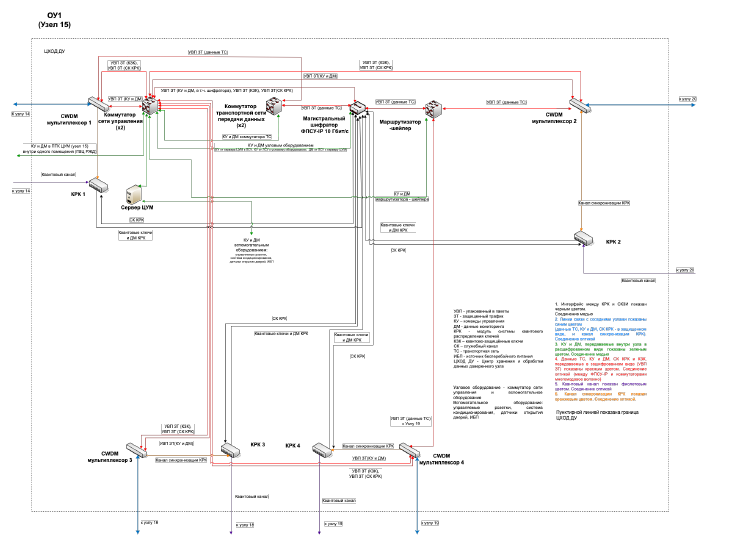


Рисунок 7 – Состав оборудования КТС ПУ МКС на узле 15 типа ОУ1/2.

Функции ОУ2 (МИВЦ РЖД) аналогичны ОУ1, однако в рамках 1-ой и 2-ой очереди ПУ МКС к нему не предусмотрено подключение ОКУ (или ПОУ4). В связи с этим, в нём отсутствует маршрутизатор-шейпер и имеется только 1 модуль КРК и 1 CWDM мультиплексор. При этому оборудование пользователя, генерирующее трафик на скорости до 10 Гбит/с, может подключаться напрямую к магистральному шифратору.

Состав оборудования, размещаемого на узле 20 типа ОУ2, представлен на рисунках 8.

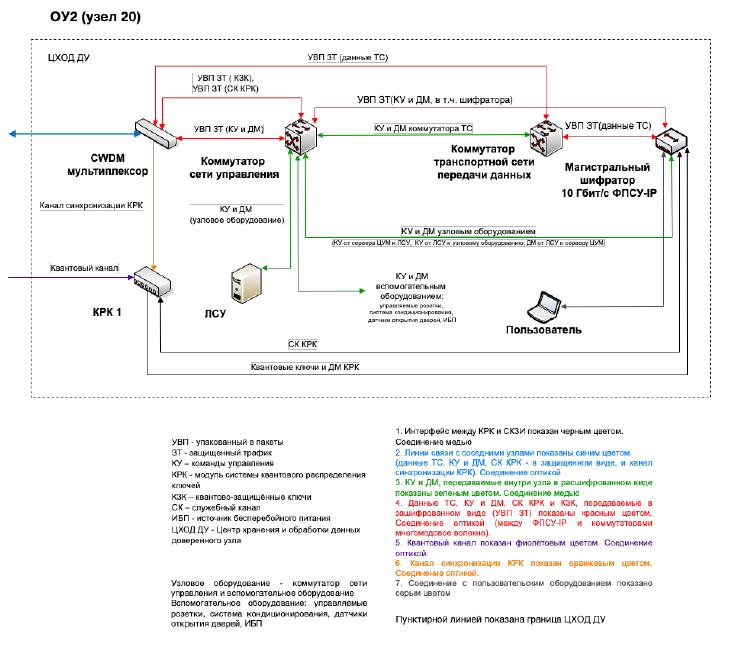


Рисунок 8 – Состав оборудования на ОУ2.

Состав оборудования, размещаемого в УУД ЦУМ в г. Москве по адресу ул. Каланчевская, д. 2/1, представлен на рисунке 9. Для организации защищенного соединения в УУД ЦУМ расположен 1 модуль КРК, а также СКЗИ с пропускной способностью 1 Гбит/c и 10 Гбит/c. Защищённый трафик управления и мониторинга следует через цепочку коммутаторов сети управления, расположенных в соседних ПОУ (ОУ), откуда поступает на расположенный в ЦУМ СКЗИ, а впоследствии в открытом виде поступает на ЛСУ и на расположенные в ЦУМ АРМ администратора СУМ КС, которые также соединены между собой посредством коммутатора сети управления. АРМ администратора СУМ КС позволяют в автоматизированном режиме выполнять функции, связанные с управлением и мониторингом узлового оборудования ПУ МКС (кроме СКЗИ и КРК). Расположенный в УУД ЦУМ ЛСУ обеспечивает возможность доступа посредством АРМ администратора СУМ КС к программным средствам СУМ КС, развернутым на серверах ЦУМ в составе обоих ПТК ЦУМ. Фактически из УУД ЦУМ осуществляется доступ к серверу ЦУМ по принципу «тонкого клиента». Всего в УУД ЦУМ располагается 12 АРМ администратора СУМ КС. Более детальное описание структуры ЦУМ и распределение обязанностей между персоналом ЦУМ представлено в документе «Описание организационной структуры» СНАБ.465600.001ПВ.2. Каждый администратор имеет собственную учетную запись, ограничивающую доступ к информации мониторинга и функциям по управлению узловым оборудованием ПУ МКС в соответствии с функциями и обязанностями конкретного типа администраторов. Реализация функций, связанных с управлением СКЗИ, а также мониторингом СКЗИ и КРК, обеспечивается посредством доступа с АРМ администратора СУМ КС к размещаемому в ПТК ЦУМ «Удаленному администратору СКЗИ» (серверная платформа) по принципу «тонкого клиента». Кроме того, в УУД ЦУМ дополнительно располагается СКЗИ с пропускной способностью 10 Гбит/с и два коммутатора транспортной сети, представляющие собой резервные технические средства для подключения к УУД ЦУМ новых сегментов магистральных квантовых сетей, выполняемых в рамках других проектов Заказчика. Также в УУД ЦУМ расположен АРМ «Центр выработки ключей КС3», используемый для формирования и записи на отчуждаемые носители парно-связных ключей для инициализации парных СКЗИ. Кроме того, на отчуждаемые носители также осуществляется запись аутентификаторов СКЗИ и аутентификатора АРМ «Удаленный администратор СКЗИ», необходимых для инициализации всех СКЗИ и АРМ «Удаленный администратор».

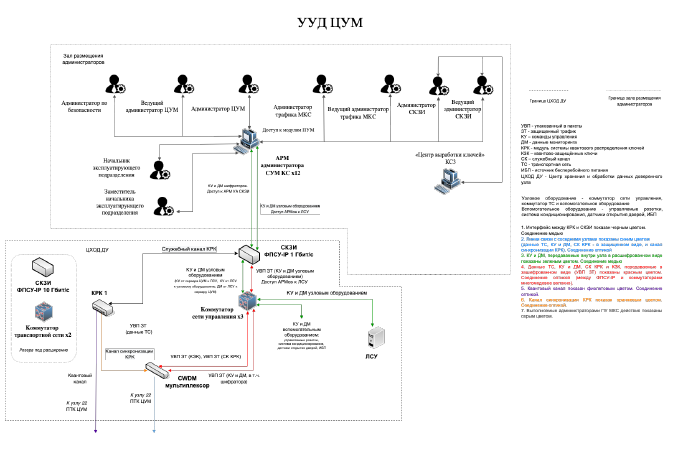


Рисунок 9 – Состав оборудования УУД ЦУМ

Состав оборудования, размещаемого в ПТК ЦУМ в г. Москве (ГВЦ РЖД, узел 15) и г. Санкт-Петербурге (СПб ИВЦ РЖД, узел 1), представлен на рисунке 10. Защищённый трафик управления и мониторинга следует через цепочку коммутаторов сети управления, расположенных в соседних ПОУ (ОУ), откуда поступает на сервер ЦУМ. При этом, в составе ПТК ЦУМ в г. Москве дополнительно располагается СКЗИ, посредством которого реализуется защита канала между данным ПТК ЦУМ и УУД ЦУМ для организации доступа с АРМ администратора СУМ КС к сети управления и мониторинга, и в том числе для доступа к ПО сервера ЦУМ по принципу «тонкого клиента» (данный СКЗИ сопряжен с модулем КРК, отнесенным в состав узла 15 - ОУ1 в ГВЦ РЖД). Аналогично из УУД ЦУМ реализуется доступ к «Удаленному администратору СКЗИ» (серверной платформе), который обеспечивает реализацию функций по управлению всеми используемыми в составе ПУ МКС СКЗИ. При этом для защиты канала управления и мониторинга при взаимодействии ПТК ЦУМ с другими узлами ПУ МКС используются СКЗИ, расположенные в ОУ1 (узел 1 и узел 15) с учетом того, что ЦХОД ДУ для размещения технических средств ПКТ ЦУМ и ЦХОД ДУ для размещения технических средств ОУ1 (одинаково для узла 1 и узла 15) размещаются в одних помещениях в расположенных рядом друг с другом ЦХОД ДУ (в пределах одной контролируемой зоны).

Состав оборудования, размещаемого в ПТК ЦУМ, представлен на рисунке 10.

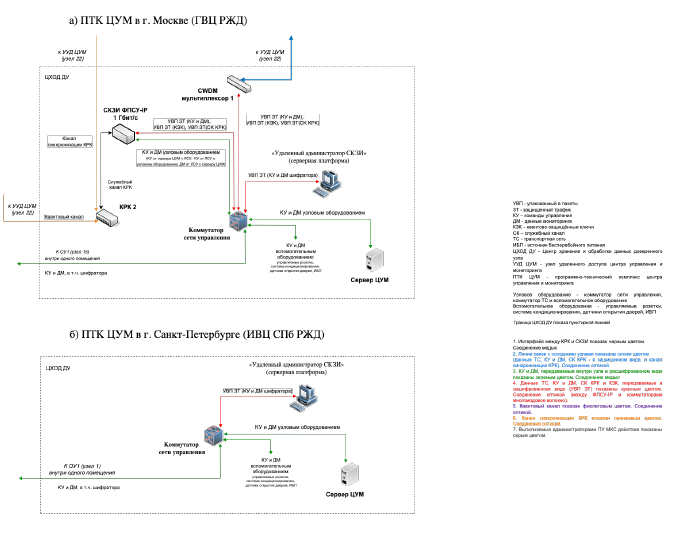


Рисунок 10 – Состав оборудования ПТК ЦУМ.

Ниже в таблицах 1–8 приведён детальный перечень оборудования и комплектующих узлов ПУ МКС, размещаемого на вышеперечисленных объектах инфраструктуры (ПОУ1-ПОУ4, ОУ1/1, ОУ1/2, ОУ2, УУД ЦУМ, ПТК ЦУМ), в том числе инженерные системы. Точный состав используемых материалов, кабельной продукции (патч-корды, шнуры, кабель силовой, провод силовой).

Подробные сведения о составе узлов ПУ МКС приведены в документах «Схема структурная комплекса технических средства ПУ МКС» и «Описание комплекса технических средств ПУ МКС».

Таблица 1 – Состав оборудования ПОУ1 (на схеме узлы 2-6, 8-14).

| Наименование оборудования | Обозначение на схемах | Кол-во |
| --- | --- | --- |
| Модуль отправителя «КРК-А» | КРК 1 | 1 |
| Модуль получателя «КРК-Б» | КРК 2 | 1 |
| Программно-аппаратный комплекс “ФПСУ-IP” 10G на базе многопроцессорной аппаратной платформы типоразмера 1U, подготовленный для работы с устройствами Квантового Распределения Ключей | Магистральный шифратор 10 Гбит/с | 1 |
| Модуль-агент поддержки взаимодействия с устройствами квантового распределения ключей шифрования в качестве сервера Промежуточного Доверенного Узла\* | – | 1 |
| Мультиплексор/демультиплексор CWDM MT-CT-MDM-109-L2-505-27/6, тип TFF, 1 волокно, 9 каналов, 18 длин волн (1270-1610 нм) LC/UPC, COM LC/UPC, LGX ½ | CWDM | 1 |
| Мультиплексор/демультиплексор CWDM MT-CT-MDM-109-L2-505-27/6, тип TFF, 1 волокно, 9 каналов, 18 длин волн (1270-1610 нм) LC/UPC, COM LC/UPC, LGX ½ | CWDM | 1 |
| Шасси 1U для установки двух LGX ½ | – | 1 |
| Коммутатор Cisco стекируемый 24x1GBase-T, 4xSFP+ C9200L-24T-4X | Коммутатор транспортной сети передачи данных | 1 |
| Коммутатор сети управления MikroTik CRS328-24P-4S+RM Cloud Router Switch | Коммутатор сети управления | 1 |
| Сервер ЛСУ (Сервер Supermicro SuperServer SYS-1019P-WTR) | ЛСУ | 1 |
| Управляемый блок розеток NetPing 8/PWR-220 v4/SMS | – | 2 |
| Оптический трансивер SFP+ CWDM MT-SFPp-10G-CWDM-53-ZR-CD, скорость передачи 10 Гбит/с, Tx:1530 нм, 80 км, оптический бюджет 23 dB, SMF, DDM | – | 1 |
| Оптический трансивер SFP+ CWDM MT-SFPp-10G-CWDM-55-ZR-CD, скорость передачи 10 Гбит/с, Tx:1550 нм, 80 км, оптический бюджет 23 dB, SMF, DDM | – | 1 |
| Оптический трансивер SFP CWDM MT-SFP-G-CWDM-61-120-CD ,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1610 нм, 120 км, оптический бюджет 31 дБ, SMF, DDM | – | 1 |
| Оптический трансивер SFP MT-SFP-G-CWDM-47-120-CD CWDM,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1470 нм, 120 км, оптический бюджет 31 дБ, SMF, DDM | – | 1 |
| Оптический трансивер SFP CWDM MT-SFP-G-CWDM-51-120-CD,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1510 нм, 120 км, оптический бюджет 31 дБ, SMF, DDM | – | 1 |
| Оптический трансивер SFP CWDM MT-SFP-G-CWDM-57-120-CD,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1570 нм, 120 км, оптический бюджет 31 дБ, SMF, DDM | – | 1 |
| ЦХОД ДУ 42 U, IP65, шумоизолированный, с комплектом боковых стенок, модулем с 1 кондиционером 3 кВт, 10U, включая систему дистанционного мониторинга и управления | ЦХОД ДУ | 1 |
| ИБП RT-Series 8 кВА/8 кВт | – | 1 |
| Автономное устройство шкафного тушения АУШТ R-Line (-2 (Исп. локальное)) | – | 1 |
| Оптический трансивер SFP+, скорость передачи 10 Гбит/с, Tx: 850нм, 300 м, MMF, DDM MT-SFPp-10G-DF-85-SR-CD | – | 8 |
| Оптический патчкорд LC-LC/UPC MM 50/125 duplex 3m MT-PC-LC-LC-UPC-MM-D-3\* | – | 4 |
| Датчик влажности 1-wire, (HS), 2м HIH-4000 DS2438 | – | 1 |
| Расходные материалы (закладные гайки - 50шт, кабельные наконечники 6мм2 - 20шт, кабельные наконечники 2,5мм2 - 20шт, кабель 2,5мм2 желто-зеленый - 5м, кабель 6мм2 желто-зеленый - 5м) MT-EM | – | 1 |
| Блок розеток Hyperline для 19" шкафов, горизонтальный, 8 розеток IEC320 C13, выключатель с подсветкой, без кабеля питания, входной разъем IEC320 C14 10A, 250В, 482.6x44.4x44.4мм (ШхГхВ), корпус сталь, черный SHE19-8IEC-S-IEC | – | 1 |
| Модемный комплект MikroTik 4G в промышленном исполнении, в составе которого: антенна MikroTik mANT LTE 5o, корпус MikroTik CA433U, плата управления MikroTik RBM33G, радиомодуль R11e-LTE, блок питания MikroTik 18POW, кабельная сборка 10м, Pigtail | – | 1 |
| Кабель-адаптер питания Cablexpert C14 - евро-розетка PC-SFC14M-01 | – | 1 |
| Кабель питания ДКС, IEC320 C13 - IEC320 C14, 0.5 м, сечение 3 х 1,5 мм R5CORD3405 | – | 2 |
| Блок питания Cisco 125W AC для коммутаторов Catalyst 9200/9200L PWR-C5-125WAC= | – | 1 |
| Кабель питания Cisco CAB-C15-CBN= CAB-C15-CBN= | – | 1 |

Таблица 2 – Состав оборудования ПОУ2 (на схеме узел 7).

| Наименование оборудования | Обозначение на схемах | Кол-во |
| --- | --- | --- |
| Модуль отправителя «КРК-А» | КРК 1 | 2 |
| Модуль получателя «КРК-Б» | КРК 2 | 1 |
| Программно-аппаратный комплекс “ФПСУ-IP” 10G на базе многопроцессорной аппаратной платформы типоразмера 1U, подготовленный для работы с устройствами Квантового Распределения Ключей | Магистральный шифратор 10 Гбит/с | 1 |
| Модуль-агент поддержки взаимодействия с устройствами квантового распределения ключей шифрования в качестве сервера Промежуточного Доверенного Узла. | – | 1 |
| Мультиплексор/демультиплексор CWDM MT-CT-MDM-109-L2-505-27/6, тип TFF, 1 волокно, 9 каналов, 18 длин волн (1270-1610 нм) LC/UPC, COM LC/UPC, LGX ½ | CWDM | 2 |
| Мультиплексор/демультиплексор CWDM MT-CT-MDM-109-L2-505-27/6, тип TFF, 1 волокно, 9 каналов, 18 длин волн (1270-1610 нм) LC/UPC, COM LC/UPC, LGX ½ | CWDM | 1 |
| Шасси 1U для установки двух LGX ½ | – | 2 |
| Коммутатор Cisco стекируемый 24x1GBase-T, 4xSFP+ C9200L-24T-4X | Коммутатор транспортной сети передачи данных | 1 |
| Коммутатор сети управления MikroTik CRS328-4C-20S-4S+RM Cloud Router Switch | Коммутатор сети управления | 1 |
| Сервер ЛСУ (Сервер Supermicro SuperServer SYS-1019P-WTR) | ЛСУ | 1 |
| Управляемый блок розеток NetPing 8/PWR-220 v4/SMS | – | 2 |
| Оптический трансивер SFP+ CWDM MT-SFPp-10G-CWDM-53-ZR-CD, скорость передачи 10 Гбит/с, Tx:1530 нм, 80 км, оптический бюджет 23 dB, SMF, DDM | – | 1 |
| Оптический трансивер SFP+ CWDM MT-SFPp-10G-CWDM-55-ZR-CD, скорость передачи 10 Гбит/с, Tx:1550 нм, 80 км, оптический бюджет 23 dB, SMF, DDM | – | 1 |
| Оптический трансивер SFP CWDM MT-SFP-G-CWDM-61-120-CD ,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1610 нм, 120 км, оптический бюджет 31 дБ, SMF, DDM | – | 1 |
| Оптический трансивер SFP MT-SFP-G-CWDM-47-120-CD CWDM,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1470 нм, 120 км, оптический бюджет 31 дБ, SMF, DDM | – | 2 |
| Оптический трансивер SFP CWDM MT-SFP-G-CWDM-51-120-CD,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1510 нм, 120 км, оптический бюджет 31 дБ, SMF, DDM | – | 2 |
| Оптический трансивер SFP CWDM MT-SFP-G-CWDM-57-120-CD,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1570 нм, 120 км, оптический бюджет 31 дБ, SMF, DDM | – | 1 |
| Оптический трансивер SFP с интерфейсом RJ45, скорость передачи 10/100/1000 Мбит/с, до 100 м, арт. MT-SFP-G-UTP-S1-C | – | 4 |
| ЦХОД ДУ 42 U, IP65, шумоизолированный, с комплектом боковых стенок, модулем с 1 кондиционером 3 кВт, 10U, включая систему дистанционного мониторинга и управления | ЦХОД ДУ | 1 |
| ИБП RT-Series 8 кВА/8 кВт | – | 1 |
| Автономное устройство шкафного тушения АУШТ R-Line (-2 (Исп. локальное)) | – | 1 |
| Оптический трансивер SFP+, скорость передачи 10 Гбит/с, Tx: 850нм, 300 м, MMF, DDM MT-SFPp-10G-DF-85-SR-CD | – | 12 |
| Оптический патчкорд LC-LC/UPC MM 50/125 duplex 3m MT-PC-LC-LC-UPC-MM-D-3 | – | 6 |
| Датчик влажности 1-wire, (HS), 2м HIH-4000 DS2438 | – | 1 |
| Расходные материалы (закладные гайки - 50шт, кабельные наконечники 6мм2 - 20шт, кабельные наконечники 2,5мм2 - 20шт, кабель 2,5мм2 желто-зеленый - 5м, кабель 6мм2 желто-зеленый - 5м) MT-EM | – | 1 |
| Блок розеток Hyperline для 19" шкафов, горизонтальный, 8 розеток IEC320 C13, выключатель с подсветкой, без кабеля питания, входной разъем IEC320 C14 10A, 250В, 482.6x44.4x44.4мм (ШхГхВ), корпус сталь, черный SHE19-8IEC-S-IEC | – | 1 |
| Модемный комплект MikroTik 4G в промышленном исполнении, в составе которого: антенна MikroTik mANT LTE 5o, корпус MikroTik CA433U, плата управления MikroTik RBM33G, радиомодуль R11e-LTE, блок питания MikroTik 18POW, кабельная сборка 10м, Pigtail | – | 1 |
| Кабель-адаптер питания Cablexpert C14 - евро-розетка PC-SFC14M-01 | – | 1 |
| Блок питания Cisco 125W AC для коммутаторов Catalyst 9200/9200L PWR-C5-125WAC= | – | 1 |
| Кабель питания Cisco CAB-C15-CBN= CAB-C15-CBN= | – | 1 |

Таблица 3 – Состав оборудования ПОУ3 (на схеме узел 18, 21).

| Наименование оборудования | Обозначение на схемах | Кол-во |
| --- | --- | --- |
| Модуль получателя «КРК-Б» | КРК 2 | 1 |
| Программно-аппаратный комплекс "ФПСУ-IP" на базе аппаратной платформы типоразмера 1U, подготовленный для работы с устройствами Квантового Распределения Ключей | Шифратор ФПСУ-IP 150 Мбит/с | 1 |
| Модуль-агент поддержки взаимодействия с устройствами квантового распределения ключей шифрования в качестве сервера Промежуточного Доверенного Узла. | – | 1 |
| Мультиплексор/демультиплексор CWDM MT-CT-MDM-109-L2-505-27/6, тип TFF, 1 волокно, 9 каналов, 18 длин волн (1270-1610 нм) LC/UPC, COM LC/UPC, LGX ½ | CWDM | 1 |
| Шасси 1U для установки двух LGX ½ | – | 1 |
| Коммутатор сети управления MikroTik CRS328-24P-4S+RM Cloud Router Switch | Коммутатор сети управления | 1 |
| Сервер ЛСУ (Сервер Supermicro SuperServer SYS-1019P-WTR) | ЛСУ | 1 |
| Управляемый блок розеток NetPing 8/PWR-220 v4/SMS | – | 1 |
| Оптический трансивер SFP CWDM MT-SFP-G-CWDM-61-120-CD, скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1610 нм, 120 км, оптический бюджет 31 дБ, SMF, DDM | – | 1 |
| Оптический трансивер SFP CWDM MT-SFP-G-CWDM-57-120-CD, скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1570 нм, 120 км, оптический бюджет 31 дБ, SMF, DDM | – | 1 |
| ЦХОД ДУ 35 U, IP65, шумоизолированный, с комплектом боковых стенок, модулем с 1 кондиционером 3 кВт, 10U, включая систему дистанционного мониторинга и управления | ЦХОД ДУ | 1 |
| ИБП RT-Series 8 кВА/8 кВт | – | 1 |
| Автономное устройство шкафного тушения АУШТ R-Line (-2 (Исп. локальное)) | – | 1 |
| Оптический трансивер SFP+, скорость передачи 10 Гбит/с, Tx: 850нм, 300 м, MMF, DDM MT-SFPp-10G-DF-85-SR-CD\* | – | 8 |
| Датчик влажности 1-wire, (HS), 2м HIH-4000 DS2438 | – | 1 |
| Расходные материалы (закладные гайки - 50шт, кабельные наконечники 6мм2 - 20шт, кабельные наконечники 2,5мм2 - 20шт, кабель 2,5мм2 желто-зеленый - 5м, кабель 6мм2 желто-зеленый - 5м) MT-EM | – | 1 |
| Блок розеток Hyperline для 19" шкафов, горизонтальный, 8 розеток IEC320 C13, выключатель с подсветкой, без кабеля питания, входной разъем IEC320 C14 10A, 250В, 482.6x44.4x44.4мм (ШхГхВ), корпус сталь, черный SHE19-8IEC-S-IEC | – | 1 |
| Модемный комплект MikroTik 4G в промышленном исполнении, в составе которого: антенна MikroTik mANT LTE 5o, корпус MikroTik CA433U, плата управления MikroTik RBM33G, радиомодуль R11e-LTE, блок питания MikroTik 18POW, кабельная сборка 10м, Pigtail | – | 1 |
| Кабель-адаптер питания Cablexpert C14 - евро-розетка PC-SFC14M-01 | – | 1 |
| Кабель питания ДКС, IEC320 C13 - IEC320 C14, 0.5 м, сечение 3 х 1,5 мм R5CORD3405 | – | 2 |

Таблица 4 – Состав оборудования на ПОУ4 (с клиентским оборудованием, на схеме узлы 16, 17, 19).

| Наименование оборудования | Обозначение на схемах | Кол-во |
| --- | --- | --- |
| Модуль отправителя «КРК-А» | КРК 1 | 1 |
| Мультиплексор/демультиплексор CWDM MT-CT-MDM-109-L2-505-27/6, тип TFF, 1 волокно, 9 каналов, 18 длин волн (1270-1610 нм) LC/UPC, COM LC/UPC, LGX ½ | CWDM | 1 |
| Шасси 1U для установки двух LGX ½ | – | 1 |
| Коммутатор Cisco стекируемый 24x1GBase-T, 4xSFP+ C9200L-24T-4X | Коммутатор транспортной сети передачи данных | 1 |
| Коммутатор сети управления MikroTik CRS328-24P-4S+RM Cloud Router Switch | Коммутатор сети управления | 1 |
| Сервер ЛСУ (Сервер Supermicro SuperServer SYS-1019P-WTR) | ЛСУ | 1 |
| Программно-аппаратный комплекс “ФПСУ-IP” 1G на базе многопроцессорной аппаратной платформы типоразмера 1U, подготовленный для работы с устройствами Квантового Распределения Ключей | СКЗИ  1 Гбит/с | 1 |
| Управляемый блок розеток NetPing 8/PWR-220 v4/SMS | – | 2 |
| Оптический трансивер SFP+ CWDM, скорость передачи 10 Гбит/с, Tx:1550 нм, 80 км, оптический бюджет 23 дБ, SMF, DDM | – | 1 |
| Оптический трансивер SFP MT-SFP-G-CWDM-47-80-CD CWDM,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1470 нм, 80 км, оптический бюджет 23 дБ, SMF, DDM | – | 1 |
| Оптический трансивер SFP CWDM MT-SFP-G-CWDM-51-80-CD,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1510 нм, 80 км, оптический бюджет 23 дБ, SMF, DDM | – | 1 |
| ЦХОД ДУ 42 U, IP65, шумоизолированный, с комплектом боковых стенок, модулем с 1 кондиционером 3 кВт, 10U, включая систему дистанционного мониторинга и управления | ЦХОД ДУ | 1 |
| ИБП RT-Series 8 кВА/8 кВт | – | 1 |
| Автономное устройство шкафного тушения АУШТ R-Line (-2 (Исп. локальное)) | – | 1 |
| Оптический трансивер SFP+, скорость передачи 10 Гбит/с, Tx: 850нм, 300 м, MMF, DDM MT-SFPp-10G-DF-85-SR-CD | – | 4 |
| Оптический трансивер SFP+, скорость передачи 1.25 Гбит/с, Tx: 850нм, 300 м, MMF, DDM MT-SFPp-10G-DF-85-SR-CD | – | 2 |
| Оптический патчкорд LC-LC/UPC MM 50/125 duplex 3m MT-PC-LC-LC-UPC-MM-D-3 | – | 2 |
| Датчик влажности 1-wire, (HS), 2м HIH-4000 DS2438 | – | 1 |
| Расходные материалы (закладные гайки - 50шт, кабельные наконечники 6мм2 - 20шт, кабельные наконечники 2,5мм2 - 20шт, кабель 2,5мм2 желто-зеленый - 5м, кабель 6мм2 желто-зеленый - 5м) MT-EM | – | 1 |
| Блок розеток Hyperline для 19" шкафов, горизонтальный, 8 розеток IEC320 C13, выключатель с подсветкой, без кабеля питания, входной разъем IEC320 C14 10A, 250В, 482.6x44.4x44.4мм (ШхГхВ), корпус сталь, черный SHE19-8IEC-S-IEC | – | 1 |
| Модемный комплект MikroTik 4G в промышленном исполнении, в составе которого: антенна MikroTik mANT LTE 5o, корпус MikroTik CA433U, плата управления MikroTik RBM33G, радиомодуль R11e-LTE, блок питания MikroTik 18POW, кабельная сборка 10м, Pigtail | – | 1 |
| Кабель-адаптер питания Cablexpert C14 - евро-розетка PC-SFC14M-01 | – | 1 |
| Кабель питания ДКС, IEC320 C13 - IEC320 C14, 0.5 м, сечение 3 х 1,5 мм R5CORD3405 | – | 2 |
| Блок питания Cisco 125W AC для коммутаторов Catalyst 9200/9200L PWR-C5-125WAC= | – | 1 |
| Кабель питания Cisco CAB-C15-CBN= CAB-C15-CBN= | – | 1 |

Таблица 5 – Состав оборудования на ОУ1/1 (ИВЦ СПб), на схеме узел 1.

| Наименование оборудования | Обозначение на схемах | Кол-во |
| --- | --- | --- |
| Модуль отправителя «КРК-А» | КРК 3 | 1 |
| Модуль получателя «КРК-Б» | КРК 1, КРК 2 | 2 |
| Мультиплексор/демультиплексор CWDM MT-CT-MDM-109-L2-505-27/6, тип TFF, 1 волокно, 9 каналов, 18 длин волн (1270-1610 нм) LC/UPC, COM LC/UPC, LGX ½ | CWDM | 1 |
| Мультиплексор/демультиплексор CWDM MT-CT-MDM-109-L2-505-27/6, тип TFF, 1 волокно, 9 каналов, 18 длин волн (1270-1610 нм) LC/UPC, COM LC/UPC, LGX ½ | CWDM | 2 |
| Шасси 1U для установки двух LGX ½ | – | 2 |
| Коммутатор Cisco стекируемый 24x1GBase-T, 4xSFP+ C9200L-24T-4X | Коммутатор транспортной сети передачи данных | 1 |
| Коммутатор сети управления MikroTik CRS328-4C-20S-4S+RM Cloud Router Switch | Коммутатор сети управления | 1 |
| Сервер ЛСУ (Сервер Supermicro SuperServer SYS-1019P-WTR) | ЛСУ | 1 |
| Управляемый блок розеток NetPing 8/PWR-220 v4/SMS | – | 2 |
| Оптический трансивер SFP+ CWDM MT-SFPp-10G-CWDM-53-ZR-CD, скорость передачи 10 Гбит/с, Tx:1530 нм, 80 км, оптический бюджет 23 dB, SMF, DDM | – | 3 |
| Оптический трансивер SFP CWDM MT-SFP-G-CWDM-61-120-CD ,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1610 нм, 120 км, оптический бюджет 31 дБ, SMF, DDM | – | 2 |
| Оптический трансивер SFP CWDM MT-SFP-G-CWDM-57-120-CD,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1570 нм, 120 км, оптический бюджет 31 дБ, SMF, DDM | – | 2 |
| Оптический трансивер SFP CWDM MT-SFP-G-CWDM-61-80-CD ,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1610 нм, 80 км, оптический бюджет 31 дБ, SMF, DDM | – | 1 |
| Оптический трансивер SFP CWDM MT-SFP-G-CWDM-57-80-CD,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1570 нм, 80 км, оптический бюджет 31 дБ, SMF, DDM | – | 1 |
| Оптический трансивер SFP+, скорость передачи 10 Гбит/с, Tx: 850нм, 300 м, MMF, DDM MT-SFPp-10G-DF-85-SR-CD | – | 16 |
| Оптический трансивер SFP с интерфейсом RJ45, скорость передачи 10/100/1000 Мбит/с, до 100 м, арт. MT-SFP-G-UTP-S1-C | – | 1 |
| Программно-аппаратный комплекс “ФПСУ-IP” 10G на базе многопроцессорной аппаратной платформы типоразмера 1U, подготовленный для работы с устройствами Квантового Распределения Ключей | Магистральный шифратор 10 Гбит/с | 1 |
| Модуль-агент поддержки взаимодействия с устройствами квантового распределения ключей шифрования в качестве сервера Промежуточного Доверенного Узла. | – | 1 |
| Маршрутизатор шейпер для поддержки полос для клиентов Маршрутизатор Cisco ASR1001X-10G-K9 | Маршрутизатор-шейпер | 1 |
| ЦХОД ДУ 35 U, IP65, шумоизолированный, с комплектом боковых стенок, модулем с 1 кондиционером 3 кВт, 10U, включая систему дистанционного мониторинга и управления | ЦХОД ДУ | 1 |
| ИБП RT-Series 8 кВА/8 кВт | – | 1 |
| Автономное устройство шкафного тушения АУШТ R-Line (-2 (Исп. локальное)) | – | 1 |
| Устройство NetPing 8/PWR-220 v3/SMS 8/PWR-220 v3/SMS | – | 2 |
| Оптический патчкорд LC-LC/UPC MM 50/125 duplex 3m MT-PC-LC-LC-UPC-MM-D-3 | – | 9 |
| Датчик влажности 1-wire, (HS), 2м HIH-4000 DS2438 | – | 1 |
| Расходные материалы (закладные гайки - 50шт, кабельные наконечники 6мм2 - 20шт, кабельные наконечники 2,5мм2 - 20шт, кабель 2,5мм2 желто-зеленый - 5м, кабель 6мм2 желто-зеленый - 5м) MT-EM | – | 1 |
| Блок розеток Hyperline для 19" шкафов, горизонтальный, 8 розеток IEC320 C13, выключатель с подсветкой, без кабеля питания, входной разъем IEC320 C14 10A, 250В, 482.6x44.4x44.4мм (ШхГхВ), корпус сталь, черный SHE19-8IEC-S-IEC | – | 1 |
| Модемный комплект MikroTik 4G в промышленном исполнении, в составе которого: антенна MikroTik mANT LTE 5o, корпус MikroTik CA433U, плата управления MikroTik RBM33G, радиомодуль R11e-LTE, блок питания MikroTik 18POW, кабельная сборка 10м, Pigtail | – | 1 |
| Кабель-адаптер питания Cablexpert C14 - евро-розетка PC-SFC14M-01 | – | 1 |
| Кабель питания ДКС, IEC320 C13 - IEC320 C14, 0.5 м, сечение 3 х 1,5 мм R5CORD3405 | – | 2 |
| Коммутатор Cisco Catalyst 9200L 24-port data, 4x10G, NW-E C9200L-24T-4X-RE | Коммутатор транспортной сети передачи данных | 1 |
| Блок питания Cisco 125W AC для коммутаторов Catalyst 9200/9200L PWR-C5-125WAC | – | 1 |
| Лицензия C9200L Cisco DNA Essentials, 24-port, 1 Year C9200L-DNA-E-24-1Y | – | 1 |
| Кабель питания Cisco CAB-C15-CBN= CAB-C15-CBN= | – | 2 |

Таблица 6 – Состав оборудования на ОУ1/2 (ГВЦ РЖД), на схеме узел 15.

| Наименование оборудования | Обозначение на схемах | Кол-во |
| --- | --- | --- |
| Модуль отправителя «КРК-А» | КРК 3 и КРК 4 | 2 |
| Модуль получателя «КРК-Б» | КРК 1, КРК 2 | 2 |
| Мультиплексор/демультиплексор CWDM MT-CT-MDM-109-L2-505-27/6, тип TFF, 1 волокно, 9 каналов, 18 длин волн (1270-1610 нм) LC/UPC, COM LC/UPC, LGX ½ | CWDM | 4 |
| Шасси 1U для установки двух LGX ½ | – | 2 |
| Коммутатор Cisco стекируемый 24x1GBase-T, 4xSFP+ C9200L-24T-4X | Коммутатор транспортной сети передачи данных | 1 |
| Коммутатор сети управления MikroTik CRS328-4C-20S-4S+RM Cloud Router Switch | Коммутатор сети управления | 1 |
| Сервер ЛСУ (Сервер Supermicro SuperServer SYS-1019P-WTR) | ЛСУ | 1 |
| Управляемый блок розеток NetPing 8/PWR-220 v4/SMS | – | 3 |
| Программно-аппаратный комплекс “ФПСУ-IP” 10G на базе многопроцессорной аппаратной платформы типоразмера 1U, подготовленный для работы с устройствами Квантового Распределения Ключей | Магистральный шифратор 10 Гбит/с | 1 |
| Модуль-агент поддержки взаимодействия с устройствами квантового распределения ключей шифрования в качестве сервера Промежуточного Доверенного Узла.\* | – | 1 |
| Маршрутизатор шейпер для поддержки полос для клиентов Маршрутизатор Cisco ASR1001X-10G-K9 | Маршрутизатор-шейпер | 1 |
| Оптический трансивер SFP+ CWDM MT-SFPp-10G-CWDM-53-ZR-CD, скорость передачи 10 Гбит/с, Tx:1530 нм, 80 км, оптический бюджет 23 dB, SMF, DDM | – | 1 |
| Оптический трансивер SFP+ CWDM MT-SFPp-10G-CWDM-55-ZR-CD, скорость передачи 10 Гбит/с, Tx:1550 нм, 80 км, оптический бюджет 23 dB, SMF, DDM | – | 2 |
| Оптический трансивер SFP CWDM MT-SFP-G-CWDM-61-120-CD ,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1610 нм, 120 км, оптический бюджет 31 дБ, SMF, DDM | – | 2 |
| Оптический трансивер SFP CWDM MT-SFP-G-CWDM-47-120-CD ,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1470 нм, 120 км, оптический бюджет 31 дБ, SMF, DDM | – | 2 |
| Оптический трансивер SFP CWDM MT-SFP-G-CWDM-51-120-CD ,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1510 нм, 120 км, оптический бюджет 31 дБ, SMF, DDM | – | 2 |
| Оптический трансивер SFP CWDM MT-SFP-G-CWDM-57-120-CD ,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1570 нм, 120 км, оптический бюджет 31 дБ, SMF, DDM | – | 2 |
| Оптический трансивер SFP+ MT-SFPp-10G-DF-85-SR-CD, скорость передачи 10 Гбит/с, Tx: 850нм, 300 м, MMF, DDM | – | 1 |
| Оптический трансивер SFP с интерфейсом RJ45, скорость передачи 10/100/1000 Мбит/с, до 100 м, арт. MT-SFP-G-UTP-S1-C | – | 4 |
| ЦХОД ДУ 35 U, IP65, шумоизолированный, с комплектом боковых стенок, модулем с 1 кондиционером 3 кВт, 10U, включая систему дистанционного мониторинга и управления | ЦХОД ДУ | 1 |
| ИБП RT-Series 8 кВА/8 кВт | – | 1 |
| Автономное устройство шкафного тушения АУШТ R-Line (-2 (Исп. локальное)) | – | 1 |
| Оптический трансивер SFP+, скорость передачи 10 Гбит/с, Tx: 850нм, 300 м, MMF, DDM MT-SFPp-10G-DF-85-SR-CD | – | 17 |
| Устройство NetPing 8/PWR-220 v3/SMS 8/PWR-220 v3/SMS | – | 2 |
| Оптический патчкорд LC-LC/UPC MM 50/125 duplex 3m MT-PC-LC-LC-UPC-MM-D-3 | – | 12 |
| Датчик влажности 1-wire, (HS), 2м HIH-4000 DS2438 | – | 1 |
| Расходные материалы (закладные гайки - 50шт, кабельные наконечники 6мм2 - 20шт, кабельные наконечники 2,5мм2 - 20шт, кабель 2,5мм2 желто-зеленый - 5м, кабель 6мм2 желто-зеленый - 5м) MT-EM | – | 1 |
| Блок розеток Hyperline для 19" шкафов, горизонтальный, 8 розеток IEC320 C13, выключатель с подсветкой, без кабеля питания, входной разъем IEC320 C14 10A, 250В, 482.6x44.4x44.4мм (ШхГхВ), корпус сталь, черный SHE19-8IEC-S-IEC | – | 1 |
| Модемный комплект MikroTik 4G в промышленном исполнении, в составе которого: антенна MikroTik mANT LTE 5o, корпус MikroTik CA433U, плата управления MikroTik RBM33G, радиомодуль R11e-LTE, блок питания MikroTik 18POW, кабельная сборка 10м, Pigtail | – | 1 |
| Кабель-адаптер питания Cablexpert C14 - евро-розетка PC-SFC14M-01 | – | 1 |
| Кабель питания ДКС, IEC320 C13 - IEC320 C14, 0.5 м, сечение 3 х 1,5 мм R5CORD3405 | – | 2 |
| Коммутатор Cisco Catalyst 9200L 24-port data, 4x10G, NW-E C9200L-24T-4X-RE | Коммутатор транспортной сети передачи данных | 1 |
| Блок питания Cisco 125W AC для коммутаторов Catalyst 9200/9200L PWR-C5-125WAC | – | 1 |
| Лицензия C9200L Cisco DNA Essentials, 24-port, 1 Year C9200L-DNA-E-24-1Y | – | 1 |
| Кабель питания Cisco CAB-C15-CBN= CAB-C15-CBN= | – | 2 |

Таблица 7 – Состав оборудования на ОУ2 МИВЦ, на схеме узел 20.

| Наименование оборудования | Обозначение на схемах | Кол-во |
| --- | --- | --- |
| Модуль получателя «КРК-Б» | КРК 1 | 1 |
| Мультиплексор/демультиплексор CWDM MT-CT-MDM-109-L2-505-27/6, тип TFF, 1 волокно, 9 каналов, 18 длин волн (1270-1610 нм) LC/UPC, COM LC/UPC, LGX ½ | CWDM | 1 |
| Шасси 1U для установки двух LGX ½ | – | 1 |
| Коммутатор Cisco стекируемый 24x1GBase-T, 4xSFP+ C9200L-24T-4X | Коммутатор транспортной сети передачи данных | 1 |
| Коммутатор сети управления MikroTik CRS328-24P-4S+RM Cloud Router Switch | Коммутатор сети управления | 1 |
| Сервер ЛСУ (Сервер Supermicro SuperServer SYS-1019P-WTR) | ЛСУ | 1 |
| Программно-аппаратный комплекс “ФПСУ-IP” 10G на базе многопроцессорной аппаратной платформы типоразмера 1U, подготовленный для работы с устройствами Квантового Распределения Ключей | Магистральный шифратор 10 Гбит/с | 1 |
| Оптический трансивер SFP+ CWDM MT-SFPp-10G-CWDM-55-ZR-CD, скорость передачи 10 Гбит/с, Tx:1550 нм, 80 км, оптический бюджет 23 dB, SMF, DDM | – | 1 |
| Оптический трансивер SFP CWDM MT-SFP-G-CWDM-61-80-CD ,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1610 нм, 80 км, оптический бюджет 23 дБ, SMF, DDM | – | 1 |
| Оптический трансивер SFP CWDM MT-SFP-G-CWDM-57-80-CD ,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1570 нм, 80 км, оптический бюджет 23 дБ, SMF, DDM | – | 1 |
| Оптический трансивер SFP+ MT-SFPp-10G-DF-85-SR-CD, скорость передачи 10 Гбит/с, Tx: 850нм, 300 м, MMF, DDM | – | 1 |
| ЦХОД ДУ 35 U, IP65, шумоизолированный, с комплектом боковых стенок, модулем с 1 кондиционером 3 кВт, 10U, включая систему дистанционного мониторинга и управления | ЦХОД ДУ | 1 |
| ИБП RT-Series 8 кВА/8 кВт | – | 1 |
| Автономное устройство шкафного тушения АУШТ R-Line (-2 (Исп. локальное)) | – | 1 |
| Оптический трансивер SFP+, скорость передачи 10 Гбит/с, Tx: 850нм, 300 м, MMF, DDM MT-SFPp-10G-DF-85-SR-CD | – | 4 |
| Оптический трансивер SFP+, скорость передачи 1.25 Гбит/с, Tx: 850нм, 300 м, MMF, DDM MT-SFPp-10G-DF-85-SR-CD | – | 1 |
| Оптический патчкорд LC-LC/UPC MM 50/125 duplex 3m MT-PC-LC-LC-UPC-MM-D-3 | – | 2 |
| Блок розеток Hyperline для 19" шкафов, горизонтальный, 8 розеток IEC320 C13, выключатель с подсветкой, без кабеля питания, входной разъем IEC320 C14 10A, 250В, 482.6x44.4x44.4мм (ШхГхВ), корпус сталь, черный SHE19-8IEC-S-IEC | – | 1 |
| Модемный комплект MikroTik 4G в промышленном исполнении, в составе которого: антенна MikroTik mANT LTE 5o, корпус MikroTik CA433U, плата управления MikroTik RBM33G, радиомодуль R11e-LTE, блок питания MikroTik 18POW, кабельная сборка 10м, Pigtail | – | 1 |
| Датчик влажности 1-wire, (HS), 2м HIH-4000 DS2438 | – | 1 |
| Кабель питания ДКС, IEC320 C13 - IEC320 C14, 0.5 м, сечение 3 х 1,5 мм R5CORD3405 | – | 2 |
| Блок питания Cisco 125W AC для коммутаторов Catalyst 9200/9200L PWR-C5-125WAC= | – | 1 |
| Кабель питания Cisco CAB-C15-CBN= CAB-C15-CBN= | – | 1 |

Таблица 8 – Состав оборудования УУД ЦУМ

| Наименование оборудования | Обозначение на схемах | Кол-во |
| --- | --- | --- |
| Модуль отправителя «КРК-А» | КРК1 | 1 |
| Сервер ЛСУ (Сервер Supermicro SuperServer SYS-1019P-WTR) | ЛСУ | 1 |
| Коммутатор сети управления MikroTik CRS328-24P-4S+RM Cloud Router Switch | Коммутатор сети управления | 3 |
| Коммутатор Cisco стекируемый 24x1GBase-T, 4xSFP+ C9200L-24T-4X | Коммутатор транспортной сети передачи данных | 2 |
| Программно-аппаратный комплекс “ФПСУ-IP” 1G на базе многопроцессорной аппаратной платформы типоразмера 1U, подготовленный для работы с устройствами Квантового Распределения Ключей | СКЗИ  1 Гбит/с | 1 |
| Программно-аппаратный комплекс “ФПСУ-IP” 10G на базе многопроцессорной аппаратной платформы типоразмера 1U, подготовленный для работы с устройствами Квантового Распределения Ключей | Магистральный шифратор 10 Гбит/с | 1 |
| АРМ Администратора СУМ КС | АРМ Администратора СУМ КС | 12 |
| Мультиплексор/демультиплексор CWDM MT-CT-MDM-109-L2-505-27/6, тип TFF, 1 волокно, 9 каналов, 18 длин волн (1270-1610 нм) LC/UPC, COM LC/UPC, LGX ½ | CWDM | 1 |
| ЦХОД ДУ 42 U, IP65, шумоизолированный, с комплектом боковых стенок, модулем с 1 кондиционером 3 кВт, 10U, включая систему дистанционного мониторинга и управления | ЦХОД ДУ | 1 |
| ИБП RT-Series 8 кВА/8 кВт | – | 1 |
| Автономное устройство шкафного тушения АУШТ R-Line (-2 (Исп. локальное)) | – | 1 |
| Устройство NetPing 8/PWR220 v4/SMS | – | 2 |
| Оптический трансивер SFP CWDM,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1470 нм, 80 км, оптический бюджет 23 дБ, SMF, DDM, арт.: MT-SFP-GCWDM-47-80-CD | – | 1 |
| Оптический трансивер SFP CWDM MT-SFP-G-CWDM-51-120-CD ,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1510 нм, 120 км, оптический бюджет 31 дБ, SMF, DDM | – | 1 |
| SFP+ Copper 10 Гбит/с, до 100 м, UTP, RJ45, арт.: MT-SFPp-10G-UTP-S1-C | – | 1 |
| Оптический патчкорд LC-LC/UPC MM 50/125 duplex 3m MT-PC-LC-LC-UPC-MM-D-3 | – | 8 |
| Датчик влажности 1-wire, (HS), 2м HIH-4000 DS2438 | – | 1 |

Таблица 9 – Состав оборудования ПТК ЦУМ

| Наименование оборудования | Обозначение на схемах | Кол-во |
| --- | --- | --- |
| Сервер ЦУМ (Supermicro SuperServer 1019P-WTR) | Сервер ЦУМ | 1 |
| Коммутатор сети управления MikroTik CRS328-24P-4S+RM Cloud Router Switch | Коммутатор сети управления | 1 |
| Программно-аппаратный комплекс “ФПСУ-IP” 1G на базе многопроцессорной аппаратной платформы типоразмера 1U, подготовленный для работы с устройствами Квантового Распределения Ключей | СКЗИ  1 Гбит/с  (только в ПТК ЦУМ ГВЦ РЖД) | 1 |
| Модуль отправителя «КРК-Б» | КРК1  (только в ПТК ЦУМ ГВЦ РЖД) | 1 |
| Мультиплексор/демультиплексор CWDM MT-CT-MDM-109-L2-505-27/6, тип TFF, 1 волокно, 9 каналов, 18 длин волн (1270-1610 нм) LC/UPC, COM LC/UPC, LGX ½ | CWDM мультиплексор  (только в ПТК ЦУМ ГВЦ РЖД) | 1 |
| Шасси для оптических MUX модулей (LGX box) 9005 | –  (только в ПТК ЦУМ ГВЦ РЖД) | 1 |
| Средство выработки ключевой информации для построения защищенных соединений между криптомаршрутизаторами: «Программно-аппаратный комплекс "Центр выработки ключей" КС3» | АРМ изготовления первичных ключей СКЗИ | 1 |
| Аппаратная платформа для удалённого администратора ФПСУ-IP P17078-B21 Сервер HPE ProLiant DL20 Gen10 | «Удаленный администратор СКЗИ» (серверная платформа) | 1 |
| Полка расширения iRU Rock S2024 в том числе: Диски формата 2.5“ Seagate Exos 10E2400 2.4 ST2400MM0129 SAS HDD-2A2400-ST2400MM0129-24шт., Дисковая полка SAS Supermicro SuperStorage SSG-927R-E2CJB-1шт., Кабель Cable SuperMicro CBL-SAST-0573 ext.HDmSAS- ext.HDmSAS 1m-4шт. | – | 1 |
| ЦХОД ДУ 42 U, IP65, шумоизолированный, с комплектом боковых стенок, модулем с 1 кондиционером 3 кВт, 10U, включая систему дистанционного мониторинга и управления | ЦХОД ДУ  (только в ПТК ЦУМ ИВЦ СПб РЖД) | 1 |
| ЦХОД ДУ 35 U, IP65, шумоизолированный, с комплектом боковых стенок, модулем с 1 кондиционером 3 кВт, 10U, включая систему дистанционного мониторинга и управления | ЦХОД ДУ  (только в ПТК ЦУМ ГВЦ РЖД) | 1 |
| Оптический трансивер SFP CWDM,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1610 нм, 80 км, оптический бюджет 23 дБ, SMF, DDM, арт.: MT-SFP-GCWDM-61-80-CD \* | –  (только в ПТК ЦУМ ГВЦ РЖД) | 1 |
| Оптический трансивер SFP CWDM,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1570 нм, 80 км, оптический бюджет 23 дБ, SMF, DDM, арт.: MT-SFP-GCWDM-57-80-CD \* | –  (только в ПТК ЦУМ ГВЦ РЖД) | 1 |
| Оптический трансивер SFP+, скорость передачи 10 Гбит/с, Tx: 850нм, 300 м, MMF, DDM MT-SFPp-10G-DF-85-SR-CD | – | 8 |
| ИБП RT-Series 8 кВА/8 кВт | – | 1 |
| Автономное устройство шкафного тушения АУШТ R-Line (-2 (Исп. локальное)) | – | 1 |
| Диски формата 2.5“ Seagate Exos 10E2400 2.4 ST2400MM0129 SAS HDD-2A2400-ST2400MM0129 | – | 24 |
| Оптический трансивер SFP+, скорость передачи 10 Гбит/с, Tx: 850нм, 300 м, MMF, DDM MT-SFPp-10G-DF-85-SR-CD | – | 8 |
| Оптический патчкорд LC-LC/UPC MM 50/125 duplex 3m MT-PC-LC-LC-UPC-MM-D-3 | – | 8 |
| Блок розеток Hyperline для 19" шкафов, горизонтальный, 8 розеток IEC320 C13, выключатель с подсветкой, без кабеля питания, входной разъем IEC320 C14 10A, 250В, 482.6x44.4x44.4мм (ШхГхВ), корпус сталь, черный SHE19-8IEC-S-IEC | – | 1 |
| Датчик влажности 1-wire, (HS), 2м HIH-4000 DS2438 | – | 1 |

Помимо вышеперечисленного оборудования, планируемого к размещению на ПУ МКС, в состав также входят комплекты ЗИП, патч-корды и соединительные кабели.

Поскольку требованиями ТЗ и ЧТЗ задана необходимость обеспечения удаленного обновления ПО, необходимо предусмотреть сервера и иное оборудование для тестирования обновлений СУМ КС. Для сокращения времени простоя квантовой сети при аварии для ПУ МКС предусмотрен ЗИП. В таблице 10 список оборудования для тестирования, проведения испытаний и ЗИП. В таблице 11 представлен перечень ЗИП.

Таблица 10 – Оборудование для тестирования, проведения испытаний и ЗИП для ПУ МКС.

| Наименование оборудования | Кол-во |
| --- | --- |
| Мультиплексор/демультиплексор CWDM MT-CT-MDM-109-L2-505-27/6, тип TFF, 1 волокно, 9 каналов, 18 длин волн (1270-1610 нм) LC/UPC, COM LC/UPC, LGX ½ | 2 |
| Сервер ЛСУ (Сервер Supermicro SuperServer SYS-1019P-WTR) | 1 |
| Коммутатор Cisco стекируемый 24x1GBase-T, 4xSFP+ C9200L-24T-4X | 1 |
| Сервер ЦУМ (Supermicro SuperServer 1019P-WTR) | 1 |
| Коммутатор MikroTik CRS328-24P-4S+RM | 1 |
| Маршрутизатор шейпер для поддержки полос для клиентов Маршрутизатор Cisco ASR1001X-10G-K9 | 1 |
| Полка расширения iRU Rock S2024 в том числе: Диски формата 2.5“ Seagate Exos 10E2400 2.4 ST2400MM0129 SAS HDD-2A2400-ST2400MM0129-24шт., Дисковая полка SAS Supermicro SuperStorage SSG-927R-E2CJB-1шт., Кабель Cable SuperMicro CBL-SAST-0573 ext.HDmSAS- ext.HDmSAS 1m-4шт. | 1 |
| Оптический трансивер SFP+ CWDM MT-SFPp-10G-CWDM-53-ZR-CD, скорость передачи 10 Гбит/с, Tx:1530 нм, 80 км, оптический бюджет 23 dB, SMF, DDM | 5 |
| Оптический трансивер SFP+ CWDM MT-SFPp-10G-CWDM-55-ZR-CD, скорость передачи 10 Гбит/с, Tx:1550 нм, 80 км, оптический бюджет 23 dB, SMF, DDM | 3 |
| Оптический трансивер SFP CWDM MT-SFP-G-CWDM-61-120-CD ,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1610 нм, 120 км, оптический бюджет 31 дБ, SMF, DDM | 8 |
| Оптический трансивер SFP CWDM MT-SFP-G-CWDM-47-120-CD ,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1470 нм, 120 км, оптический бюджет 31 дБ, SMF, DDM | 11 |
| Оптический трансивер SFP CWDM MT-SFP-G-CWDM-51-120-CD ,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1510 нм, 120 км, оптический бюджет 31 дБ, SMF, DDM | 9 |
| Оптический трансивер SFP CWDM MT-SFP-G-CWDM-57-120-CD ,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1570 нм, 120 км, оптический бюджет 31 дБ, SMF, DDM | 6 |
| Оптический трансивер SFP+ MT-SFPp-10G-DF-85-SR-CD, скорость передачи 10 Гбит/с, Tx: 850нм, 300 м, MMF, DDM | 1 |
| Оптический трансивер SFP CWDM MT-SFP-G-CWDM-61-80-CD ,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1610 нм, 80 км, оптический бюджет 23 дБ, SMF, DDM | 1 |
| Оптический трансивер SFP CWDM MT-SFP-G-CWDM-57-80-CD ,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1570 нм, 80 км, оптический бюджет 23 дБ, SMF, DDM | 1 |
| Оптический трансивер SFP+ CWDM, скорость передачи 10 Гбит/с, Tx:1530 нм, 80 км, оптический бюджет 23 dB, SMF, DDM MT-SFPp-10G-CWDM-53-ZR-CD | 4 |
| Оптический трансивер SFP+ CWDM, скорость передачи 10 Гбит/с, Tx:1550 нм, 80 км, оптический бюджет 23 dB, SMF, DDM MT-SFPp-10G-CWDM-55-ZR-CD | 4 |
| Блок питания Cisco 125W AC для коммутаторов Catalyst 9200/9200L PWR-C5-125WAC= | 1 |
| ThinkCentre M630e Tiny, монитор Lenovo ThinkVision T24d-10, клавиатура (USB), мышь (USB) – резервный АРМ Администратора СУМ КС | 2 |
| Система централизованного удаленного управления и мониторинга криптомаршрутизаторами: «АРМ "Удаленный администратор “ФПСУ-IP” (1 рабочее место, управление до 15 ФПСУ-IP)» | 2 |
| Средство выработки ключевой информации для построения защищенных соединений между криптомаршрутизаторами: «Программно-аппаратный комплекс "Центр выработки ключей" КС3» | 1 |

Таблица 11 – ЗИП, размещаемый в УУД ЦУМ.

| Наименование оборудования | Кол-во |
| --- | --- |
| Коммутатор C9200L 24-port data, 4x10G,Network Essentials, Russia ONLY с опцией расширенной гарантии, в комплекте: -Лицензия C9200L DNA Essentials, 24-port, 3 Year Term license – 1 шт-Электронный сертификат SNTC-NO RMA C9200L 24-port data, 4x10G ,Network Esse – 1 шт | 1 |
| Коммутатор Mikrotik CRS328-24P-4S+RM | 2 |
| Программно-аппаратный комплекс "ФПСУ-IP" на базе аппаратной платформы типоразмера 1U (скорость шифрования до 200 Мбит/c с выключенным firewall), арт.: FPSUIP-STD3-1U | 2 |
| Источник бесперебойного питания RT-Series 8 кВА/8 кВт, без батарей 2U RT 8kVA Lв составе: Батарейный модуль RT 5-20kVA 3U EBC 20x9Ah ; - Крепление для установки ИБП в стойку 1-20 kVA; - Карта интерфейсная Mini SNMP c горячей заменой Hot swappable Mini SNMP IPv6 card.(передается поставщику для монтажа и подключения в Микро – ЦОД DataStone арт. D42S-1-1CB3O-HC-#M-CL) | 1 |
| Устройство NetPing 8/PWR220 v4/SMS | 4 |
| Оптический трансивер SFP+ CWDM, скорость передачи 10 Гбит/с, Tx:1530 нм, 80 км, оптический бюджет 23 dB, SMF, DDM, арт.: MT-SFPp 10GCWDM-53-ZR-CD | 5 |
| Оптический трансивер SFP+ CWDM, скорость передачи 10 Гбит/с, Tx:1550 нм, 80 км, оптический бюджет 23 dB, SMF, DDM, арт.: MT-SFPp-10GCWDM-55-ZR-CD | 3 |
| Оптический трансивер SFP CWDM,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1530 нм, 80 км, оптический бюджет 23 дБ, SMF, DDM, арт.: MT-SFP-GCWDM-53-80-CD | 3 |
| Оптический трансивер SFP CWDM,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1550 нм, 80 км, оптический бюджет 23 дБ, SMF, DDM, арт.: MT-SFP-GCWDM-55-80-CD | 2 |
| Оптический трансивер SFP CWDM,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1610 нм, 80 км, оптический бюджет 23 дБ, SMF, DDM, арт.: MT-SFP-GCWDM-61-80-CD | 2 |
| Оптический трансивер SFP CWDM,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1570 нм, 80 км, оптический бюджет 23 дБ, SMF, DDM, арт.: MT-SFP-GCWDM-57-80-CD | 2 |
| Оптический трансивер SFP CWDM,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1510 нм, 80 км, оптический бюджет 23 дБ, SMF, DDM, арт.: MT-SFP-GCWDM-51-80-CD | 2 |
| Оптический трансивер SFP CWDM,скорость передачи 1,25 Гбит/с, Тх: 1470 нм, 80 км, оптический бюджет 23 дБ, SMF, DDM, арт.: MT-SFP-GCWDM-47-80-CD | 2 |
| Оптический трансивер SFP+ Copper 10 Гбит/с, до 100 м, UTP, RJ45, арт.: MT-SFPp-10G-UTP-S1-C | 3 |
| Оптический трансивер SFP+, скорость передачи 10 Гбит/с, Tx: 850нм, 300 м, MMF, DDM | 5 |

Размещение оборудования ПУ МКС предусматривается в монтажных шкафах типа «мини-ЦОД» (ЦХОД ДУ), что обеспечивает удобство, защиту от внешних воздействий, в том числе, с использованием системы кондиционирования, а также бесперебойное питание и защиту от несанкционированного доступа.

Аппаратно-программные средства в узлах квантовой сети размещены в телекоммуникационных 19" стойках высотой 42U (или 35U в случае необходимости).

ЦХОД (Центр Хранения и Обработки Данных) ДУ (Доверенный Узел) представляет собой комплекс инженерной инфраструктуры для размещения и обеспечения отказоустойчивой работы информационно-вычислительных и/или телекоммуникационных систем, выполненный в отдельном конструктиве, приспособленном для транспортировки всеми видами транспорта. ЦХОД ДУ рассчитан на быстрое развёртывание, не требует выделения и подготовки отдельного помещения.

Инфраструктура ЦХОД представляет собой автономный комплекс подсистем, обеспечивающий размещение и непрерывную работу активного и пассивного серверного и коммуникационного оборудования с предоставлением функций:

* контроля микроклимата;
* ИБП;
* автоматического газового пожаротушения (АУГПТ).

Система кондиционирования реализована на базе кондиционера 3 кВт, 42U, с выносным конденсаторным блоком, включая систему дистанционного мониторинга и управления, арт.CB3. Кондиционер высотой 10U устанавливается в стойку с оборудованием. Внешний конденсаторный блок кондиционера рекомендуется устанавливать на внешней стене/кровле здания. Кроме того, используется автоматический ввод резерва кондиционера «АВР для кондиционеров, арт. #M», а также «система плавного пуска кондиционера, арт. #CL».

Система бесперебойного питания реализуется на базе ИБП RT-Series 8 кВА/8 кВт c двойным преобразованием мощностью до 8 кВт.

Время автономной работы при нагрузке до 5 кВт составляет не менее 6 минут. Все силовые модули и блоки батарей с возможностью «горячей» замены.

Система АУГПТ ЦХОД реализована на базе модуля шкафного тушения АУШТ R-Line (-2 (Исп. локальное)). Состав серверных шкафов (ЦХОД ДУ) для установки оборудования на ПУ МКС приведен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав серверных шкафов (ЦХОД ДУ) для установки оборудования на ПУ МКС.

| Наименование оборудования | Кол-во |
| --- | --- |
| Шкаф 42U или 35U, IP65, шумоизолированный | 1 |
| Комплект боковых стенок для шкафов 42U или 35U | 1 |
| Кондиционер 3 кВт, 42U, с выносным конденсаторным блоком, включая систему дистанционного мониторинга и управления, арт.CB3 | 1 |
| Автоматический ввод резерва кондиционера | 2 |
| Система плавного пуска кондиционера | 2 |
| Модуль ультразвукового увлажнения Clever Breeze 7,10,15 кВт для DS с увеличенным баком и 3-мя комплектами датчиков уровня, арт. DSH10 | 1 |
| Модуль удаленного мониторинга SNMP DA807 для ИБП | 1 |
| Салазки SNR-UPS-RK | 1 |

Технические средства ПУ МКС размещены на объектах автоматизации в помещениях с ограниченным доступом, с техническими средствами охраны и соответствующих требованиям, предъявляемым к серверным помещениям.

**2.3 Описание функционирования системы и ее частей.**

Функционирование ПУ МКС в целом описывается следующим образом. Между каждой парой соседних ПОУ и ОУ системы КРК генерируют квантовые ключи (КК), которые поступают в СКЗИ (магистральные шифраторы и клиентские устройства) через защищённый интерфейс. СКЗИ генерирует на основе КК квантово-защищенные ключи (КЗК) и по запросу СУМ КС выполняет их рассылку по сети в защищенном виде. Таким образом, в ПУ МКС для шифрования клиентских данных реализуется возможность использования КК и КЗК. В частности, в ПУ МКС КЗК и КК используются для шифрования пользовательского трафика (1 Гбит/с), поступающего в клиентские устройства (СКЗИ) в ОКУ.В ПУ МКС функции ОКУ совмещены с ПОУ (тип узла ПОУ4). Отправка пользовательского трафика между ОКУ и ОУ осуществляется с помощью коммутаторов транспортной сети передачи данных на скорости 10 Гбит/с. Пользовательский трафик из ОКУ агрегируется в ОУ с помощью маршрутизаторов-шейперов 10 Гбит/с, из которых он поступает в магистральные шифраторы (10 Гбит/с). Далее трафик между ОУ передаётся через цепочку ПОУ. Управление сетью осуществляется по сети из УУД ЦУМ с доступом по принципу «тонкого клиента» к ПТК ЦУМ, в котором размещены сервера с ПО СУМ КС, обеспечивающим функции по управлению и мониторингу ПУ МКС. Команды управления СУМ КС поступают в ОУ и ПОУ через коммутаторы сети управления (1 Гбит/с), через них же осуществляется передача данных мониторинга из узлов в ПТК ЦУМ и впоследствии УУД ЦУМ, а также передача КЗК и служебного канала КРК по сети. Установленные в узлах CWDM мультиплексоры служат для объединения в одном оптическом волокне всех оптических каналов, кроме квантового канала КРК, идущего по отдельному волокну.

Функции всех технических средств ПУ МКС являются одинаковыми вне зависимости от места их размещениях (типа узла). Функции всех технических средств ПУ МКС являются одинаковыми вне зависимости от места их размещениях (типа узла). При этом состав технических средств зависит от типа (ОУ, ПОУ) и подтипа (ОУ1-2, ПОУ1-4) узлов, которые определяют их функционал (подробная информация приведена в разделе 2.2)

На ПОУ размещаются следующие технические средства:

− модули КРК (один или несколько, в зависимости от типа узла);

− магистральный шифратор;

− локальный сервер управления (ЛСУ);

− коммутатор сети управления;

− коммутатор транспортной сети передачи данных (кроме ПОУ3);

− CWDM-мультиплексоры;

− ЦХОД ДУ, включая ИБП и АУГПТ.

Модули КРК (отправителя и получателя) предназначены для выработки и распределения КК по выделенной ВОЛС, напрямую соединенной с оптическими входами парного модуля КРК в соседнем узле. Таким образом, парные модули, размещаемые в соседних узлах, образуют систему.

Основное назначение магистральных шифраторов заключается в защите трафика транспортной сети (клиентских данных). В частности, магистральные шифраторы в ПОУ предназначены для реализации двух режимов защищенной передачи данных. Первый режим обеспечивает возможность реализации в ПОУ перешифрования данных с использованием различных КК, вырабатываемых на отдельных квантовых каналах. Это означает, что шифрование и расшифрование трафика транспортной сети производится в каждом из ПОУ, расположенных между ОУ. При реализации такого режима скорость передачи данных в шифраторах не превышает скорости передачи в коммутаторах транспортной сети (10 Гбит/с в случае ПУ МКС). Магистральные шифраторы имеют интерфейс автоматизированной загрузки КК, совместимый с КРК.

Второй режим подразумевает, что расположенные в ПОУ шифраторы также смогут обеспечивать возможность формирования и рассылки КЗК между ОУ, расположенными в ГВЦ и ИВЦ, а также между узлами Ростелекома. Рассылка КЗК осуществляется с использованием КК, вырабатываемых между узлами ПУ МКС. Данный режим предполагает передачу КЗК между ОУ через цепочку ПОУ с использованием расположенных в каждом из узлов шифраторов посредством сети управления и мониторинга. Впоследствии, КЗК используется располагаемыми в ОУ магистральными шифраторами для шифрования и расшифрования трафик транспортной сети. Данный режим подразумевает, что в ПОУ трафик транспортной сети не подвергается шифрованию и расшифрованию. Следует отметить, что в ПУ МКС также предполагается использование шифраторов для защиты канала управления и мониторинга.

На Локальном сервере управления (ЛСУ) устанавливаются программные агенты, которые выполняют функции, соответствующие наименованиям агентов:

- Агент подсистемы технического учёта основанный на заимствованном ПО fusion-inventory;

- Агент подсистемы мониторинга, основанный на заимствованном ПО Zabbix-agent;

- Агент подсистемы контроля доступа основанный на заимствованном ПО sssd.

Все агенты, выполняющиеся на ЛСУ, взаимодействуют с ПТК ЦУМ напрямую и не производят сохранение каких-либо данных непосредственно на ЛСУ.

ЛСУ используется для разворачивания агентов подсистем СУМ КС, обеспечивающих взаимодействие с модулями СУМ КС в ПТК ЦУМ.

Коммутатор сети управления предназначен для передачи по ВОЛС:

− канала управления и мониторинга СУМ КС (дуплексный канал между всеми ОУ, ПОУ, ПТК ЦУМ и УУД ЦУМ), по которому осуществляется удалённое управление СУМ КС и процессом передачи данных, а также мониторинг оборудования, размещенного на узле;

− служебного канала КРК (СК КРК) – дуплексный канал между всеми ОУ и ПОУ.

Как показывает оценка информационной емкости каналов сети управления, скорость информационного обмена между коммутаторами сети управления составляет не менее 1 Гбит/с (на канал).

Коммутатор транспортной сети осуществляет передачу пользовательского трафика (упакованного в пакеты защищенного трафика) между соседними ОУ и ПОУ: информационный обмен обеспечивается на скорости 10 Гбит/с (дуплексный канал).

Объединение оптических каналов от коммутаторов, а также канала синхронизации между связанными модулями КРК, проводится на CWDM-мультиплексоре, выход которого подключен к ВОЛС, соединяющей соседние ПОУ и ОУ.

ОУ обладает полным функционалом ПОУ, но на нем дополнительно размещается маршрутизатор-шейпер для сбора данных от клиентского оборудования в ОКУ (или ПОУ/ОУ, совмещённых с ОКУ, в ПУ МКС – ПОУ4), управления полосой пропускания клиентских каналов и их загрузки в магистральный шифратор. Также следует отметить, что в ОУ располагаются магистральные шифраторы. Их скорость передачи также не выше скорости передачи в коммутаторах транспортной сети (10 Гбит/с в случае ПУ МКС).

ОКУ размещаются на объектах конечных потребителей услуг по защищенной передаче данных, в их состав не входят технические средства узлов ПУ МКС (кроме тех случаев, когда функционал ОКУ совмещен с ПОУ), и состав технических средств определяет потребитель услуг.

На ОКУ размещаются следующие технические средства:

− клиентское оборудование (СКЗИ), предназначенное для зашифрованного с помощью КЗК или КК (в случае совмещения с узлом ПУ МКС) информационного обмена по оптической сети. Данные шифраторы имеют интерфейс автоматизированной загрузки ключей, совместимый с КРК, и пройти сертификацию у Регулятора. Их скорость передачи не выше скорости передачи в коммутаторах транспортной сети (10 Гбит/с в случае ПУ МКС). На ПУ МКС в составе данного типа узлов используются:

− шифраторы со скоростью передачи данных 1 Гбит/с;

− устройства пользователя, генерирующие трафик (например, видеотелефоны), совместимые по интерфейсам с клиентским оборудованием;

− коммутатор транспортной сети, совместимый с коммутаторами в ОУ.

Для обеспечения возможности расшифровки КЗК на ОКУ необходима предварительная доставка на физическом носителе пароля пользователя с применением административных мер, обеспечивающих конфиденциальность. Поскольку в ПУ МКС ОКУ совмещен с ПОУ4, пароль на физическом носителе не доставляется.

В составе УУД ЦУМ размещаются следующие технические средства:

− АРМ администраторов ЦУМ и администраторов СКЗИ, посредством которых в автоматизированном режиме администраторами под руководством руководителя эксплуатирующего подразделения, выполняются функции, связанные с управлением и мониторингом ПУ МКС;

− ЛСУ, обеспечивающий подключение к серверу ЦУМ по принципу «тонкого клиента»;

− коммутатор сети управления для связи с ЛСУ;

− АРМ изготовления первичных ключей СКЗИ.

В составе ПТК ЦУМ располагается сервер ЦУМ, обеспечивающий возможность осуществлять администрирование (управление и мониторинг) магистральной сети с размещенными на ней аппаратно-программными средствами в составе:

а) модуль управления трафиком, топологией и техническими параметрами СУМ КС;

б) модуль мониторинга КРК;

в) модуль мониторинга оборудования ПУ МКС;

г) модуль технического учета оборудования;

д) модуль учета логических ресурсов;

е) модуль импорта данных из внешних систем;

ж) модуль экспорта данных во внешние системы;

з) модуль обработки запросов API в реальном времени

и) подсистему контроля доступа.

Кроме того, в составе ПТК ЦУМ располагается серверная платформа «Удаленный администратор СКЗИ» для управления клиентскими и магистральными шифраторами, а также коммутатор сети управления. Для обеспечения соединения УУД ЦУМ с сетью управления и мониторинга ПУ МКС в ПТК ЦУМ, расположенном в ГВЦ РЖД (узел 15), дополнительно располагается СКЗИ с пропускной способностью 1 Гбит/с.

Во всех узлах для размещения технических средств ПУ МКС используются центры хранения и обработки данных доверенного узла (ЦХОД ДУ), имеющие в составе блоки розеток, ИБП и АУГПТ, систему поддержания микроклимата.

Реализация функций ПУ МКС выполняется за счет функциональных систем (подсистем), входящих в ПУ МКС. Большинство функций ПУ МКС реализуются посредством СУМ КС. В основном, большинство из этих функций, выполняются в автоматизированном режиме (в диалоговом режиме персоналом ПУ МКС).

Автоматизированные функции по формированию квантово – защищенных ключей.

Формирующий КЗК СКЗИ обеспечивает автоматизацию следующих сервисов в квантовой сети:

а) предоставление услуг по передаче квантово-защищённых ключей как между опорным узлами, так и между опорными и оконечными клиентскими узлами;

б) администрирование квантово-защищенных ключей (КЗК) с использованием квантовых ключей (КК), в том числе:

* формирование КЗК;
* защищенное хранение КЗК;
* выдачу и обновление КЗК в сторонних СКЗИ для обеспечения ими защищённой передачи данных;
* своевременное стирание КЗК при наступлении опасных событий;
* своевременное стирание КЗК при истечении тайм-аута на хранение КЗК.

Реализация указанных автоматизируемых функций обеспечивается через графический интерфейс АРМ администратора. При этом осуществляется автоматизированное распределение команд управления, поступающих на АРМ, на оборудование ОУ и ПОУ, и сбор данных с этого оборудования.

Основным режимом функционирования ПУ МКС является режим промышленной эксплуатации.

В режиме промышленной эксплуатации ПУ МКС обеспечивает:

* работу пользователей в режиме – 24 часа в день, 7 дней в неделю (24х7);
* выполнение всех функций по назначению – выработка и распределение криптографических ключей, передача информации, зашифрованной с помощью криптографических ключей, сбор, передача, обработка, загрузка данных и др.

В сервисном режиме функционирования ПУ МКС выполнение штатных функций компонентов ПУ МКС на конкретном узле запрещено.

Сервисный режим предназначен для обеспечения возможности проведения следующих работ:

* регламентный контроль АПК в составе подсистем МКС;
* выполнение измерений характеристик квантовой аппаратуры (КА) посредством внешних измерительных устройств;
* техническое обслуживание АПК;
* модернизацию АПК.

Модернизация ПУ МКС будет проводиться путём обновления программного обеспечения, замены технических средств СУМ КС (при необходимости), доработки отдельных элементов технических средств КРК (при необходимости).

Общее время проведения работ в сервисном режиме не превышает 2 % от общего времени работы системы в режиме промышленной эксплуатации.

Информация о двух специализированных режимах, «Техническое обслуживание» и «Ремонт», приведено в документе «Описание организационной структуры ПУ МКС» СНАБ.465600.001ПВ.2.

В режиме промышленной эксплуатации ПУ МКС реализована диагностика оборудования МКС встроенными средствами подсистем, а также контроль различных параметров АПК МКС, включая климатические (температура, влажность воздуха в телекоммуникационных шкафах, где размещены аппаратно-программные компоненты ПУ МКС).

При этом диагностирование компонентов ПУ МКС осуществляется посредством:

* контроля доверенной загрузки;
* стартового контроля;
* оперативного контроля;
* контроля ДСЧ;
* контрольных измерений.

В сервисном режиме предусмотрено тестирование оборудования и ПО на ПУ МКС по завершении соответствующих профилактических работ (технического обслуживания).

При возникновении аварийных ситуаций, либо ошибок в программном обеспечении, диагностические инструменты позволяют сохранять полный набор информации, необходимой для идентификации проблемы (снимки экранов, текущее состояние памяти, файловой системы, характеристик оборудования).

В таблице 1 содержатся сведения о возможных аварийных ситуациях,

которые могут возникнуть в ходе функционирования ПУ МКС, с указанием потенциальных последствий в случае их возникновения.

Таблица 3.2 – Перечень (классификация) аварий/инцидентов ПУ МКС.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Описание**  **аварии/инцидента** | **Потенциальные последствия** | **Примечание** |
| Выход из строя СКЗИ | Нарушение защищенной связи | Возможна работа системы в открытом режиме |
| Выход из строя КРК | Нарушение защищенной связи | Возможна работа в открытом режиме и на предварительно распределенных ключах |
| Выход из строя  каналоформирующего  оборудования | Нарушение доступности услуг  связи | - |
| Выход из строя СУМ КС | Понижение управляемости  системы | - |
| Пропадание  электропитания | Нарушение доступности услуг связи | Переход на резервные  системы электропитания |
| Аварии на линии связи | Нарушение доступности услуг связи | Переход на резервные  каналы (маршруты) |
| Стихийные бедствия | Нарушение доступности услуг связи | - |

В ходе выполнения работ по разработке ПУ МКС, обоснован следующий перечень аварийных ситуаций ПУ МКС, по которым регламентированы требования к надежности, и значения соответствующих показателей:

а) сбой общего или специального программного обеспечения (отдельного АРМ или сервера);

б) выход из строя части технических средств обеспечения;

в) выход из строя одного из АРМ или нарушение канала связи локальной сети между АРМ и сервером не приводят к прекращению функционирования ПУ МКС, при этом обеспечивается возможность выполнения функций, связанных с вышедшим из строя АРМ, на другом АРМ.

Для технических средств СУМ КС, расположенных в узлах квантовой сети, организован доступ администраторов через локальный терминал для управления/мониторинга в аварийных ситуациях (например, с использованием одноразовых паролей). Регламент локального доступа администраторов к техническим средствам ПУ МКС описан в эксплуатационной документации соответствующих компонентов ПУ МКС и в Инструкциях для персонала квантовой сети, развёрнутой на её основе. Регламент действий при авариях СКЗИ (в том числе КРК) описан в документах «Правила пользования», составленных на все СКЗИ в соответствии с требованиями Регулятора при проведении их сертификации.

Также, при принятии технических решений для подсистем, учитывается необходимость реализации функционала, связанного с генерацией, при возникновении аварийных ситуаций, соответствующих сигналов в подсистему управления, инициирующих процесс перехода на резервные каналы передачи.

При выполнении работ по СУМ КС разрабатывается форма и содержание аварийных сообщений.

Соответствующие списки аварийных событий, счетчики и аудиовизуальные индикаторы отображаются в главном окне ПО администраторов СУМ КС в УУД ЦУМ в режиме реального времени в виде символов, на которые нанесена цветовая маркировка.

Посредством СУМ КС осуществляется:

* формирование списка аварий со всех объектов мониторинга с обновлением не реже чем один раз в 1 минуту;
* фильтрация, сортировка, исключение отдельных аварийных сообщений по различным параметрам (по узлам, портам, типам устройств и т. д.);
* уведомление администратора о поступлении нового аварийного сообщения различными способами (звуковой сигнал, визуальная индикация, отправка сообщения e-mail, др.);
* настройка параметров\порогов срабатывания аварийных сообщений при различных событиях, для каждого типа событий;
* формирование отчётов за произвольный период с различными параметрами со всего\части оборудования сети (скорость генерации квантовых ключей, QBER между каждой парой узлов и др.);
* централизованное обновление программного обеспечения оборудования квантовой сети и/или его компонентов (в случаях, когда это допускается действующими требованиями Регулятора);
* корреляция аварийных сообщений на квантовой сети и внешних систем (при условии, что взаимодействие с внешними системами не влияет на безопасность СУМ КС);
* формирование предложений по корректирующим действиям Администратора для восстановления сервиса и минимизации влияния аварийных событий на пользовательский трафик;
* разделение и маркировку аварий по различным типам (minor, major, critical);
* маскирование отдельных аварийных событий и групп аварийных событий (из общего множества).

При этом администратор имеет возможность подтвердить аварийные события (сигналы) из общего списка текущих аварийных событий), а также внести собственный комментарий (примечание) в отдельное поле.

Предусмотрены следующие виды технического обслуживания подсистем ПУ МКС:

* периодическое техническое обслуживание: ТО, выполняемое через установленные в эксплуатационной документации интервалы времени;
* регламентированное техническое обслуживание: ТО, предусмотренное в нормативно-технической эксплуатационной документации на ПУ МКС (подсистему) и выполняемое с периодичностью и в объеме, установленными в ней, независимо от технического состояния системы в момент начала технического обслуживания.

В режиме сервисного обслуживания обновление программного обеспечения на конкретном ПОУ выполняется в периоды времени, определяемые администратором СУМ КС. При этом, при отсутствии резервного оборудования, перерыв в обслуживании клиентов на ПОУ не превышает 10 минут. В том числе, администратор СУМ КС самостоятельно принимает решение о порядке и локализации обновления программного обеспечения: на отдельном ПОУ (ОУ), одновременно на выделенной группе ПОУ (ОУ) или на всем ПУ МКС. Обновление ПО на ПТК ЦУМ выполняется строго поочерёдно, последовательно, по одному ПТК ЦУМ. В ходе обновления ПО, обеспечена возможность возврата к предыдущей версии программного обеспечения (перед началом обновления доступно две версии программного обеспечения: текущая и обновлённая). Во время выполнения обновления программного обеспечения поддерживается функциональность ПТК ЦУМ и УУД ЦУМ, чтобы представить дежурному администратору объективные данные о состоянии всей ПУ МКС.

**3 Описание взаимосвязей ПУ МКС с другими системами**

Внешними системами для ПУ МКС являются:

* локальные сети предприятий и иных организаций;
* иные системы.

СУМ КС взаимодействует с внешними системами (эксплуатируемыми Заказчиком) в следующем порядке: запрос в формате REST (HTTP GET/POST, JSON)), обработка результатов запроса (диагностической информации с соответствующих подсистем и компонентов МКС), возврат полученных в ходе обработке данных инициатору запроса.

Для обеспечения возможности масштабирования СУМ КС устройствами различных вендоров, СУМ КС имеет открытые интерфейсы. Кроме этого, СУМ КС имеет интерфейс API для выдачи данных статистики и мониторинга, которые можно использовать в сторонних программных системах, не являющихся компонентами СУМ КС.

Для обеспечения информационного взаимодействия ПУ МКС (средствами СУМ КС) со смежными системами, разработана подсистема взаимодействия с внешними системами, входящая в состав ПО СУМ КС, устанавливаемого на сервер ЦУМ, в которых реализована возможность формирования файлов, требуемых для информационной совместимости систем.

Интерфейсы обмена данными между аппаратными компонентами ПУ МКС, перечень и форматы входных и выходных данных программных компонентов ПУ МКС приведены в ПЗ ТП на СУМ КС.

**4 Описание подсистем**

Функциональные подсистемы, распределенные на узлах ПУ МКС:

− система управления и мониторинга квантовой сетью (СУМ КС);

− система квантового распределения ключей (КРК);

СУМ КС обеспечивает:

− взаимодействие компонентов ПУ МКС, управление процессом передачи данных и управление сетевым распределением ключей ПУ МКС;

− автоматизированную диагностику ПУ МКС, сбор статистики о ее функционировании, состоянии КРК в реальном времени, вывод сведений администратору ПУ МКС через графический интерфейс;

− выдачу команд в СКЗИ на формирование и распределение квантово-защищенных ключей (КЗК) в автоматизированном режиме;

− администрирование квантовой сети;

− управление ресурсами квантовой сети и автоматический расчет оставшейся емкости сети, определение технической возможности включения новых потребителей (клиентов);

− электронное журналирование действий персонала СУМ КС.

Более детальная информация по СУМ КС приведена в ПЗ СНАБ.466452.002ПА.2 «Пилотный участок магистральной квантовой сети (ПУ МКС). Описание программного обеспечения».

КРК обеспечивает:

− функционирование квантовой сети на физическом уровне, осуществление квантового распределения ключей между опорными узлами;

− генерацию квантовых секретных ключей.

Автоматизированные функции системы КРК.

Система КРК обеспечивает автоматизированное выполнение следующих функций:

а) выполнение квантово-криптографического протокола физического уровня, реализованного аппаратно-программными средствами, включающего:

1) генерацию квантовых состояний;

2) кодирование квантовых состояний;

3) передачу квантовых состояний по выделенной волоконно-оптической линии – квантовому каналу;

4) прием, декодирование и регистрация квантовых состояний.

б) выполнение квантово-криптографического протокола обработки, реализованного программными средствами, а также обменом информацией между модулями через служебный канал:

1) процедуры просеивания битовой последовательности;

2) оценки параметров квантовой передачи, с помощью которого измеряются параметры, оценивающие наличие/отсутствие перехвата;

3) процедуры коррекции ошибок;

4) процедуры усиления секретности, с помощью которой осуществляется преобразование просеянной битовой последовательности в блок квантовой ключевой информации.

в) передачу квантовых ключей в СКЗИ;

г) синхронизацию между модулями КРК;

д) передачу информации о диагностике и мониторинге КРК в СУМ КС.

е) администрирование КРК через локальное управление модулями КРК на узлах ПУ МКС.

ж) защиту модулей КРК от несанкционированного доступа, включая обеспечение аутентификации.

СУМ КС обеспечивает выполнение следующих автоматизируемых функций:

а) Взаимодействие компонентов ПУ МКС, управление процессом передачи данных и управление сетевым распределением ключей квантовой сети;

б) Автоматизированную диагностику ПУ МКС, сбор статистики о её функционировании, состоянии КРК, в том числе с использованием мониторинга посредством протокола SNMP;

в) Администрирование квантовой сети, в .т.ч.:

1) Управление ресурсами квантовой сети и автоматический расчет оставшейся емкости сети, определение технической возможности включения новых потребителей (клиентов) без ухудшения параметров и уровня обслуживания для подключенных ранее потребителей (клиентов);

2) Электронное журналирование действий персонала СУМ КС;

3) Электронное журналирование событий СУМ КС;

4) Формирование списка аварий со всех объектов мониторинга с обновлением не реже чем один раз в 1 минуту;

5) Фильтрацию, сортировку, исключение отдельных аварийных сообщений по различным параметрам (по узлам, портам, типам устройств и т. д.);

6) Уведомление администратора о поступлении нового аварийного сообщения различными способами (звуковой сигнал, визуальная индикация, отправка сообщения e-mail, др.);

7) Настройку параметров\порогов срабатывания аварийных сообщений при различных событиях, для каждого типа событий;

8) Формирование отчётов за произвольный период с различными параметрами со всего\части оборудования сети (скорость генерации квантовых ключей, QBER между каждой парой узлов и др.);

9) Централизованное обновление программного обеспечения оборудования квантовой сети и/или его компонентов (в случаях, когда это допускается действующими требованиями Регулятора);

10) Корреляцию аварийных сообщений квантовой сети и внешних систем (при условии, что взаимодействие с внешними системами не влияет на безопасность СУМ КС);

11) Формирование предложений по корректирующим действиям Администратора для восстановления сервиса и минимизации влияния аварийных событий на клиентский трафик;

12) Разделение и маркировку аварий по различным типам (minor, major, critical);

13) Маскирование отдельных аварийных событий и групп аварийных событий (из общего множества).

Далее приведены автоматизируемые функции, сгруппированные по выполняющим их модулям СУМ КС.

г) Подсистема управления ПУ МКС обеспечивает:

1) Управление ресурсами ПУ МКС;

2) Автоматический расчет емкости сети;

3) Определение технической возможности включения новых потребителей (клиентов) квантовой сети без ухудшения параметров и уровня обслуживания для подключенных ранее потребителей (клиентов);

4) Приоритезацию клиентов (потребителей) и типов (ключевые данные, другие данные) трафика. Устанавливаются три уровня приоритета: низкий, обычный, высокий. Трафик ключевых данных всегда имеет высокий приоритет. Принципы управления трафиком строятся на использовании резервных каналов передачи данных и управлением их пропускной способностью;

5) Управление серверами по протоколу IPMI;

6) Управление питанием компонентов сети с помощью устройств распределения питания;

7) Управление конфигурацией сетевого обородования технологической сети.

д) Подсистема мониторинга оборудования ПУ МКС обеспечивает мониторинг, сбор, хранение и обработку следующей информации:

1) Температуры внутри аппаратных модулей узлов ПУ МКС;

2) Результаты контроля работоспособности вентиляторов и источников питания;

3) Параметры утилизации ресурсов;

4) Результатов тестирования программных компонентов КРК, иной информации, определенной в эксплуатационной документации на КРК (покупное изделие), используемых в ПУ МКС в соответствии с руководством по эксплуатации производителя (с учётом требований Регулятора);

5) Подсистема мониторинга оборудования ПУ МКС обеспечивает визуализацию (вывод через единый графический интерфейс администратора сети КРК) следующих параметров квантовой сети:

1) Скорость генерации квантовых ключей между каждой парой ПОУ и ОУ и сравнение с заданным порогом SLA для каждого из клиентских сервисов;

2) QBER между каждой парой ПОУ и ОУ;

3) Частота обновления ключей в СКЗИ;

4) Иную информацию.

6) Модуль мониторинга КРК осуществляет автоматическую диагностику, мониторинг и формирование предупреждений в реальном времени по следующим событиям в сети:

1) Превышение порога QBER с подозрением на попытку несанкционированного доступа к квантовой сети;

2) Нарушение работоспособности оборудования КРК.

е) Подсистема учета оборудования и логических ресурсов осуществляет:

1) Автоматическую загрузку состава оборудования и логических ресурсов, с возможностью заполнения места расположения, координат, номеров коммерческих заказов и прочей дополнительной информации;

2) Создания объектов, загруженных из внешних систем с возможностью внесения описания.

ж) Подсистема взаимодействия с внешними системами осуществляет функционирование средствами сетевого доступа:

1) Периодический экспорт определённой части данных во внешнюю систему (периодичность задается Администратором СУМ КС) состава оборудования и логических ресурсов, аварийных сообщений, журналов логирования и пр.;

2) Взаимодействие с внешними системами обеспечено в необходимом объеме функций и гарантирует отсутствие влияния на безопасность СУМ КС;

3) Поддержку протокола информационного обмена с внешними системами, реализованного в форме обмена сообщениями в формате JSON;

4) Обработку запроса с использованием диагностической информации с соответствующих подсистем и компонентов МКС;

5) Возврат полученных в ходе обработке данных инициатору запроса.

Реализация указанных автоматизируемых функций обеспечивается через графический интерфейс АРМ администратора. При этом осуществляется автоматизированное распределение команд управления, поступающих на АРМ, на оборудование ОУ и ПОУ, и сбор данных с этого оборудования.

Автоматизированное Рабочее Место (АРМ) администратора (пользователя) ЦУМ обеспечивает наличие интерфейса пользователя СУМ КС со всеми остальными подсистемами СУМ КС в двух видах: графическом (основной вид интерфейса) и в форме командной строки.

**4.1 Структура подсистем и назначение их частей**

Функциональные системы (подсистемы), распределенные на узлах

ПУ МКС:

* система квантового распределения ключей (КРК);
* система управления и мониторинга квантовой сетью (СУМ КС);

КРК обеспечивает:

* функционирование квантовой сети на физическом уровне, осуществление квантового распределения ключей между опорными узлами;
* генерацию квантовых секретных ключей.

СУМ КС обеспечивает:

* взаимодействие компонентов ПУ МКС, управление процессом передачи данных и управление сетевым распределением ключей ПУ МКС;
* автоматизированную диагностику ПУ МКС, сбор статистики о ее функционировании, состоянии КРК в реальном времени, вывод сведений администратору ПУ МКС через графический интерфейс;
* выдачу команд в СКЗИ на формирование и распределение квантово-защищенных ключей (КЗК) в автоматизированном режиме;
* администрирование квантовой сети;
* управление ресурсами квантовой сети и автоматический расчет оставшейся емкости сети, определение технической возможности включения новых потребителей (клиентов);
* электронное журналирование действий персонала СУМ КС;
* электронное журналирование событий СУМ КС.

Реализация указанных автоматизируемых функций обеспечивается

через графический интерфейс АРМ администратора. При этом осуществляется автоматизированное распределение команд управления, поступающих на АРМ, на оборудование ОУ и ПОУ, и сбор данных с этого оборудования. Ниже приведено описание процесса выполнения некоторых автоматизируемых функций ПУ МКС:

а) Управление сервисами потребителей;

СУМ КС автоматизирует сервисы передачи данных и сетевого распределения ключей. Для этого производится расчёт маршрута следования данных (т. е. последовательность Промежуточных опорных узлов) по сети между Опорными узлами исходя из топологии и загруженности сети. Администратор выполняет настройку параметров сервиса при включении и сообщает потребителю данные для использования сервиса.

б) Ресурсное планирование МКС;

При включении сервиса потребителей происходит корректировка загрузки сети, что учитывается при подключении новых сервисов. СУМ КС автоматизирует процесс распределения ресурсов МКС для обеспечения заданных свойств сервиса потребителей.

в) Контроль параметров качества оказания услуг потребителям или группе потребителей.

Подсистема мониторинга выполняет мониторирование состояния КРК в фоновом режиме и сообщает о неисправностях администратору.

Также производится мониторинг состояния соединений и объема передаваемых данных сетевого оборудования с целью оповещения администратора при возникновении неполадок.

г) Журналирование действий персонала;

Действия персонала СУМ КС, выполняемые через АРМ, журналируются в базу данных. При этом ведётся учёт пользователя, момента времени и действия, производимого пользователем. При необходимости имеется возможность просмотреть историю взаимодействия конкретного пользователя с системой.

д) Журналирование событий СУМ КС;

События, происходящие в системе, записываются в базу данных. При этом ведётся журнал системных логов и численных характеристик логических и аппаратных компонент системы. Данные могут быть запрошены администратором и могут использоваться при разрешении проблем.

В процессе функционирования СУМ КС производит сбор данных мониторинга и выполняет проверку на соответствие поступающих численных значений ожидаемым. В случае возникновения отклонений производится оповещение обслуживающего персонала. Также СУМ КС выполняет сбор и анализ системных логов компонент с целью выявления предупреждений и сообщений об ошибках.

е) Сбор статистики функционировании МКС, состоянии КРК в реальном времени;

Информация подсистемы мониторинга СУМ КС накапливается в базе данных и позволяет производить статистические расчеты на выборках. При этом поступление, обработка и накопление информации о состоянии производится в режиме реального времени. Таким образом, история состояний может быть проанализирована с учетом момента возникновения проблем.

ж) Валидация доверенных устройств в составе ПУ МКС;

Валидация доверенных устройств производится СУМ КС на этапе добавления устройства в систему путём проверки соответствия с данными подсистемы технического учёта. В случае обнаружения отклонений параметров устройств производится оповещение администратора и устройство не включается в работу до подтверждения.

з) Аутентификация, авторизация и аудит учетных записей;

АРМ администраторов позволяет осуществлять взаимодействие с СУМ КС только после прохождения аутентификации и авторизации пользователя. При этом в процессе авторизации определяются роли пользователя (Администратор сети, Администратор трафика, Администратор аппаратной части). В зависимости от роли пользователю доступен разный набор экранов и взаимодействий с системой. Все операции пользователя журналируются.

и) Вывод сведений администратору через АРМ;

Взаимодействие администратора с МКС производится через графический интерфейс АРМ. АРМ имеет доступ в сеть управления и позволяет пользователю после прохождения авторизации и аутентификации выполнять доступные ему запросы на управление МКС и получать данные о состоянии системы.

Администраторы ЦУМ, рабочие места которых организованы в ЦУМ, имеют доступ к подсистеме контроля доступа, подсистеме Автоматизированного Рабочего Места (АРМ) администратора СУМ КС, а также, к следующим модулям ПО СУМ КС:

1) Модуль управления подсистемой доверенного узла и квантовым

распределением ключей;

2) Модуль управления трафиком, топологией и технологическими

параметрами квантовой коммуникационной платформой;

3) Модуль мониторинга подсистемой доверенного узла и квантовым

распределением ключей;

4) Модуль мониторинга оборудования квантовой коммуникационной

платформой;

5) Модуль учета оборудования;

6) Модуль учета логических ресурсов;

7) Модуль обработки внешних по отношению к СУМ КС запросов API в

реальном времени;

8) Модуль экспорта данных во внешние системы.

Работа по управлению и мониторингу ПУ МКС выполняется Администраторами ЦУМ.

**4.1.1 Подсистема управления и мониторинга СУМ КС**

**4.1.1.1 Модуль управления «ФПСУ-IP» 10G и КРК**

Модуль управления «ФПСУ-IP» 10G и КРК обеспечивает:

1. Управление процессом работы на ПУ МКС подсистем КРК, «ФПСУ-IP» 10G, ключами оконечных клиентских узлов (с учетом действующей в РФ нормативной базы), включая:
2. Генерацию ключей;
3. Скорость генерации КЗК для отдельных клиентов (потребителей) квантовых каналов;
4. Хранение ключей;
5. Управление циклом жизни ключей;
6. Возможность удаленной перезагрузки оборудования КРК и «ФПСУ-IP» 10G.
7. Управление безопасной передачей КЗК через цепочку доверенных опорных узлов ПУ МКС средствами «ФПСУ-IP» 10G;
8. Управление резервированием КРК;
9. Электронное журналирование действий персонала СУМ КС;
10. Электронное журналирование событий СУМ КС;
11. Синхронизацию времени на всех компонентах СУМ КС. Аппаратное время СУМ КС предоставляется из источника вне СУМ КС, но не из Интернет.

Установка модуля управления «ФПСУ-IP» 10G и КРК производится в ЦУМ.

**4.1.1.2 Модуль управления трафиком, топологией и технологическими параметрами МКС**

Модуль управления трафиком, топологией и технологическими параметрами МКС обеспечивает:

1. Формирование топологии сети в графическом виде, отображение всех сетевых узлов и связей между ними;
2. управление ресурсами СУМ КС и ПУ МКС:
3. автоматический расчет емкости сети
4. определение технической возможности включения новых потребителей (клиентов) ПУ МКС без ухудшения параметров и уровня обслуживания для подключенных ранее потребителей (клиентов)
5. приоритезация пользователей и трафика. Устанавливаются три уровня приоритета: низкий, обычный, высокий. Трафик ключевой информации всегда имеет высокий приоритет. Принципы управления трафиком строятся на использовании резервных каналов передачи данных и управлением их пропускной способностью.

Установка модуля управления трафиком, топологией и технологическими параметрами МКС производится в ЦУМ.

1. Устанавливаются три уровня приоритета: низкий, обычный, высокий.
2. Трафик ключевых данных всегда имеет высокий приоритет.
3. Принципы управления трафиком строятся на использовании резервных каналов передачи данных (при их наличии) и управлением их пропускной способностью.

Модуль управления трафиком, топологией и технологическими параметрами ПУ МКС состоит из двух частей: для выполнения на ЦУМ и для выполнения на ЛСУ.

1. Функционал модуля в ЦУМ обеспечивает:
2. Инициализацию модуля;
3. Взаимодействие модуля в ЦУМ с подмножеством ЛСУ (либо сетевых «ФПСУ-IP» 10G в случае выбора варианта реализации);
4. Взаимодействие с ОУ;
5. Взаимодействие с пользователем;
6. Взаимодействие с модулем мониторинга;
7. Функционал модуля в ЛСУ обеспечивает:
8. Инициализация модуля
9. Взаимодействие с ЦУМ;

Взаимодействие с коммутаторами транспортной сети передачи данных.

**4.1.2 Подсистема мониторинга**

**4.1.2.1 Модуль мониторинга «ФПСУ-IP» 10G и КРК**

Модуль мониторинга «ФПСУ-IP» 10G и КРК осуществляет автоматическую диагностику, мониторинг и формирование предупреждений в реальном времени по следующим событиям в СУМ КС:

* + превышение порога QBER с подозрением на попытку несанкционированного доступа к квантовой сети;
  + нарушение работоспособности оборудования КРК и «ФПСУ-IP» 10G.

Модуль мониторинга «ФПСУ-IP» 10G и КРК взаимодействует с внешней системой ОУТ СС, которая предназначена для обеспечения единого непрерывного жизненного цикла управления технологическими сетями передачи данных.

Модуль мониторинга «ФПСУ-IP» 10G и КРК обеспечивает передачу следующих данных в ОУТ СС:

* передачу событий на основе данных мониторинга «ФПСУ-IP» 10G и КРК в привязке к конфигурационным единицам (событие – это любой выход значений параметров любого компонента за допустимые пределы и /или расхождение в составе оборудования в СУМ КС и ОУТ СС).

Модуль мониторинга «ФПСУ-IP» 10G и КРК обеспечивает прием следующих данных из ОУТ СС:

* прием данных о результатах обработки событий в привязке к инцидентам и работам для информирования администратора СУМ КС. ОУТ СС направляет в модуль мониторинга данные о всех работах и/или инцидентах, связанных с событиями, которые модуль мониторинга оборудования ранее отправил в ОУТ СС.

Установка модуля мониторинга «ФПСУ-IP» 10G и КРК производится в ЦУМ.

**4.1.2.2 Модуль мониторинга оборудования ПУ МКС**

Модуль мониторинга оборудования ПУ МКС, обеспечивает мониторинг, сбор, хранение и обработку следующей информации:

* + температуры внутри аппаратных модулей узлов;
  + результаты контроля работоспособности вентиляторов и источников питания;
  + параметры утилизации ресурсов;
  + результатов тестирования программных компонентов КРК,
  + иной информации, определенной в эксплуатационной документации на КРК (покупное изделие), используемых в ПУ МКС в соответствии с руководством по эксплуатации производителя (с учётом требований Регулятора).

Модуль мониторинга оборудования ПУ МКС обеспечивает визуализацию (вывод через единый графический интерфейс администратора сети КРК) следующих параметров СУМ КС:

* + скорость генерации квантовых ключей между каждой парой ПОУ и ОУ и сравнение с заданным порогом SLA для каждого из клиентских сервисов;
  + QBER между каждой парой ПОУ и ОУ;
  + частота обновления КЗК между парой узлов;
  + иную информацию.

Модуль мониторинга оборудования МКС взаимодействует с внешней системой ОУТ СС, которая предназначена для обеспечения единого непрерывного жизненного цикла управления технологическими сетями передачи данных.

Модуль мониторинга оборудования МКС обеспечивает передачу следующих данных в ОУТ СС:

* передачу событий на основе данных мониторинга оборудования МКС в привязке к конфигурационным единицам (событие – это любой выход значений параметров любого компонента за допустимые пределы и /или расхождение в составе оборудования в СУМ КС и ОУТ СС).

Модуль мониторинга оборудования МКС обеспечивает прием следующих данных из ОУТ СС:

* прием данных о результатах обработки событий в привязке к инцидентам и работам для информирования администратора СУМ КС. ОУТ СС направляет в модуль мониторинга данные о всех работах и/или инцидентах, связанных с событиями, которые модуль мониторинга оборудования ранее отправил в ОУТ СС.

Установка модуля мониторинга оборудования МКС производится в ЦУМ.

**4.1.3 Подсистема технического учёта**

**4.1.3.1 Модуль учета оборудования**

Модуль учета оборудования осуществляет:

* + автоматическую загрузку состава оборудования СУМ КС с возможностью заполнения места расположения, координат, номеров коммерческих заказов и прочей дополнительной информации.
  + создания объектов, загруженных из внешних систем с возможностью внесения описания.

Модуль учета оборудования взаимодействует с внешней системой ОУТ СС, которая предназначена для обеспечения единого непрерывного жизненного цикла управления технологическими сетями передачи данных. Компоненты, оборудование, соединения компонентов описываются в ОУТ СС. Все описания из ОУТ СС реплицируются в модуле учета оборудования.

Модуль учета оборудования обеспечивает передачу следующих данных в ОУТ СС:

* регулярную передачу инвентаризационных данных, полученных с оборудования.

Модуль учета оборудования обеспечивает прием следующих данных в ОУТ СС:

* прием данных о типах, моделях и экземплярах конфигурационных единиц, соединениях между конфигурационными единицами.

Установка модуля учета оборудования производится в ЦУМ.

**4.1.3.2 Модуль учета логических ресурсов**

Модуль учета логических ресурсов осуществляет:

* + автоматическую загрузку состава логических ресурсов СУМ КС с возможностью заполнения дополнительной информации.
  + создания объектов, загруженных из внешних систем с возможностью внесения описания.

Модуль учета логических ресурсов взаимодействует с внешней системой ОУТ СС, которая предназначена для обеспечения единого непрерывного жизненного цикла управления технологическими сетями передачи данных.

Модуль учета логических ресурсов обеспечивает передачу следующих данных в ОУТ СС:

* регулярную передачу данных о логических ресурсах, полученных с оборудования.

Установка модуля учета логических ресурсов производится в ЦУМ.

**4.1.4 Подсистема взаимодействия СУМ КС с внешними системами**

**4.1.4.1 Модуль экспорта данных во внешние системы**

Модуль экспорта данных во внешние по отношению к СУМ КС системы осуществляет средствами сетевого доступа:

* + Периодический экспорт определённой части данных во внешнюю систему (периодичность задается Администратором СУМ КС) состава оборудования и логических ресурсов, аварийных сообщений, журналов логирования и пр.;

Взаимодействие с внешними системами обеспечено в необходимом объеме функций и гарантирует отсутствие влияния на безопасность СУМ КС.

**4.1.4.2 Модуль обработки по отношению к СУМ КС запросов API в реальном времени**

Модуль обработки API в реальном времени работает по следующей схеме:

Протокол информационного обмена с внешними системами реализован в форме обмена сообщениями в формате YAML;

Прием запроса в формате REST (HTTP GET/POST, JSON) от внешней системы. Протокол информационного обмена определяется совместно со Стратегическим индустриальным партнером на этапе Технического проекта;

Прием запроса от внешней системы с использованием системы очередей сообщений брокера AMQP RabbitMQ;

Обработка запроса с использованием диагностической информации с соответствующих подсистем и компонентов МКС;

Возврат полученных в ходе обработке данных инициатору запроса.

Запросы формируются в формате JSON (YAML). Содержательные поля запроса:

|  |  |
| --- | --- |
| Поле запроса | Значение поля запроса |
| TIMESTAMP | Дата формирования запроса в секундах, начиная с 1.01.1970 (UNIX timestamp) |
| SYSNAME | Имя устройства PDU согласно установленной нотации |
| PARMNAME\_1 | Название параметра №1 |
| … | … |
| PARAMNAME\_n | Название параметра №n |

Формат ответа:

|  |  |
| --- | --- |
| Поле ответа | Значение поля ответа |
| TIMESTAMP | Дата формирования ответа в секундах, начиная с 1.01.1970 (UNIX timestamp) |
| SYSNAME | Имя устройства PDU согласно установленной нотации |
| PARMNAME\_1 | Значение параметра №1 |
| … | … |
| PARAMNAME\_n | Значение параметра №n |

Список параметров PARAMNAME:

QBER между каждой парой модулей КРК;

Скорость генерации квантовых ключей между каждой парой модулей КРК;

Значение параметров оптических модулей: температура оптического модуля, оптическая мощность на прием и передачу;

Прочие оптические параметры, доступные по DDM оптического модуля;

Температурные характеристики детектора одиночных фотонов (при наличии технической возможности);

Прочие параметры.

Для случая получения запроса от внешней системы через систему очередей брокера AMQP RabbitMQ на стороне внешней системы необходимо выполнить определенные условия.

Посылка запроса и прием результата выполнения запроса могут быть разнесены по времени. То есть результат выполнения запроса может быть запрошен не сразу, а через какой-то промежуток времени. Результат выполнения запроса хранится в очереди ответа, пока не будет принят.

Для работы с брокером RabbitMQ использовать пакет подпрограмм pika.

Можно использовать Python 3 или другие языки программирования.

Общий формат запроса (YAML), посылаемый в очередь брокера RabbitMQ имеет следующий вид:

description: “…..”

rabbitmq-params:

host: "…"

login: "..."

password: "..."

exchange: ""

request-queue: "..."

result-queue: "..."

timeout: nn

body:

{command: …}

expected-result:

{ok: true/false, status: …}

Параметр “description” описывает назначение запроса.

Параметр “rabbitmq-params” задает параметры брокера AMQP RabbitMQ.

Host – имя(адрес) брокера RabbitMQ;

login – имя пользователя в брокере RabbitMQ;

password – пароль пользователя;

exchange – имя exchange, по умолчанию “”;

request-queue – имя очереди, куда посылается запрос;

result-queue – имя очереди, куда посылается результат выполнения запроса, для каждого запроса проще создавать отдельную очередь ответа. Для генерации уникального имени очереди ответа можно использовать команду uuidgen. Если для всех запросов использовать одну очередь ответа, то может возникнуть ситуация, когда ответ на запрос, который послан раньше, может быть помещен в очередь ответа позже;

timeout – время ожидания (в секундах) получения результата из очереди result-queue.

Параметр “body” задает команду запроса вместе с параметрами команды

Параметр “expected-result” задает ожидаемый результат выполнения запроса

**Посылка запроса в очередь брокера RabbitMQ**

Чтобы послать запрос request в очередь request-queue брокера RabbitMQ нужно выполнить примерно такой код;

Credentials = pika.PlainCredentials(login, password)

Parameters = pika.ConnectionParameters(host=host, credentials=Credentials)

connection = pika.BlockingConnection(Parameters)

channel = connection.channel()

channel.queue\_declare(queue=result-queue)

channel.queue\_bind(exchange=exchange, queue=result-queue)

correlation\_id = str(uuid.uuid4())

channel.basic\_publish(exchange=exchange,

routing\_key=request-queue,

properties=pika.BasicProperties(

reply\_to=result-queue,

correlation\_id=correlation\_id

),

body=yaml.dump(request, default\_flow\_style=True))

**Получение ответа из очереди брокера RabbitMQ**

Чтобы получить ответ на запрос request из очереди ответа result-queue брокера RabbitMQ нужно выполнить примерно такой код:

def callbackreply(ch=None, method=None, properties=None, body=None):

if ch is None or method is None or properties is None or body is None:

print ("Timeout {} expired. Exiting".format(timeout))

deadline = True

return

if correlation\_id != properties.correlation\_id:

print ("correlation\_id mismatch: {} not equal {}".format(properties.correlation\_id, correlation\_id))

reply = None

print ("body: {}".format(body))

return

deadline = False

reply = body

ch.stop\_consuming()

return

channel.basic\_consume(result-queue, callbackreply, auto\_ack=True)

connection.call\_later(timeout, callbackreply)

while reply is None and deadline is False:

connection.process\_data\_events()

channel.stop\_consuming()

channel.queue\_delete(queue=result-queue)

if deadline is False:

reply = yaml.safe\_load(reply)

else:

reply = None

channel.close()

connection.close()

print ("reply: {}".format(reply))

**4.1.5 Подсистема контроля доступа**

Подсистема контроля доступа СУМ КС обеспечивает:

* + аутентификацию, авторизацию и аудит учетных записей.
  + доступ пользователей в систему через графический интерфейс автоматизированного рабочего места;
  + регистрацию пользователя (администратора) в системе с использованием подтверждения со стороны администратора и назначения группы, в которую включён пользователь. Данные пользователя автоматически вносятся в OpenLDAP;
  + контроль учетных данных пользователей;
  + внесение изменений в учётные данные пользователей через графический интерфейс;
  + определение принадлежности пользователей к группам;
  + запись событий входа и взаимодействия с системой в системные логи;
  + блокировка и разблокировка пользователей;
  + автоматизация создания учетных данных в системах OpenLDAP и Kerberos для дальнейшего использования устройствами системы;
  + интеграция в модули управления и мониторинга квантовой коммуникационной платформы;
  + единую точку входа по протоколу CAS 2.0, в которой используются данные из OpenLDAP.
  + обеспечение отказоустойчивой работы за счёт репликации данных.

Установка подсистемы контроля доступа производится в ЦУМ.

**4.1.6 ЛСУ и агенты ЛСУ**

Сервер ЛСУ загружает операционную систему по сети с сервиса загрузки находящегося в ЦУМ в соответствии с конфигурацией предоставленной ЦУМ и необходимую для работы конфигурацию в автоматизированном режиме в оперативную память по сети управления. На Локальном сервере управления (далее по тексту ЛСУ) устанавливаются программные агенты, которые выполняют функции, соответствующие наименованиям агентов:

* Агент подсистемы технического учёта, основанный на заимствованном ПО fusion-inventory;
* Агент подсистемы мониторинга, основанный на заимствованном ПО Zabbix-agent;
* Агент подсистемы управления, включая модуль взаимодействия с С»ФПСУ-IP» 10G;
* Агент подсистемы контроля доступа, основанный на заимствованном ПО sssd. Все агенты, выполняющиеся на ЛСУ, взаимодействуют с ЦУМ напрямую и не производят сохранение каких-либо данных непосредственно на ЛСУ.

Установка агентов ЛСУ производится на ЛСУ.

**4.1.7 ПО АРМ администратора**

Автоматизированное рабочее место администратора (АРМ администратора) реализует функции взаимодействия СУМ КС с администраторами с помощью графического интерфейса. Графический интерфейс реализуется в браузере администратора и может быть выполнен на рабочем месте – ПК, имеющем доступ к сети управления. Серверная часть ПО АРМ администратора выполняется на ЦУМ и позволяет производить авторизацию пользователей, отображать окна графического интерфейса с учётом доступных ролей в системе за счёт использования подсистемы контроля доступа.

ПО АРМ администратора обеспечивает:

* генерацию окон графического интерфейса
* отображение окон в браузере администратора по запросу
* отправку действий пользователя на исполнение подсистеме управления СУМ КС
* отображение результата выполнения действий подсистемой управления СУМ КС в графическом виде
* интеграцию с подсистемой мониторинга и технического учёта для отображения их данных

Установка ПО АРМ администратора производится в ЦУМ.

**4.2 Сведения о подсистемах и их частях, необходимые для обеспечения их функционирования**

**4.2.1 Подсистема управления**

**4.2.1.1 Модуль управления «ФПСУ-IP» 10G и КРК**

Модуль управления «ФПСУ-IP» 10G и КРК функционально состоит из двух частей:

* Часть модуля, выполняемая на ЛСУ и взаимодействующая с «ФПСУ-IP» 10G через С»ФПСУ-IP» 10G
* Часть модуля, выполняющаяся на ЦУМ

Основной функционал модуля в части ЦУМ:

* Инициализация модуля;
* Отправка и получение запросов на формирование на управление «ФПСУ-IP» 10G в сторону ЛСУ
* Взаимодействие с администратором СУМ КС

Основной функционал модуля в части ЛСУ:

* Инициализация модуля;
* Взаимодействие с «ФПСУ-IP» 10G
* Взаимодействие с ЦУМ

**4.2.1.2 Модуль управления трафиком, топологией и технологическими параметрами МКС**

Модуль управления трафиком, топологией и технологическими параметрами ПУ МКС состоит из двух частей:

* часть модуля для выполнения на ЦУМ;
* часть модуля для выполнения на ЛСУ;

Основной функционал модуля в части ЦУМ:

* инициализация модуля;
* взаимодействие модуля в ЦУМ с подмножеством ЛСУ (либо сетевых «ФПСУ-IP» 10G в случае выбора варианта реализации);
* взаимодействие с ОУ;
* взаимодействие с пользователем;
* взаимодействие с модулем мониторинга.

Основной функционал модуля в части ЛСУ:

* инициализация модуля;
* взаимодействие с ЦУМ.

**4.2.2 Подсистема мониторинга**

**4.2.2.1 Модуль мониторинга «ФПСУ-IP» 10G и КРК**

Модуль мониторинга «ФПСУ-IP» 10G и КРК функционально состоит из двух частей:

* Часть модуля, выполняемая на ЛСУ и взаимодействующая с «ФПСУ-IP» 10G через С»ФПСУ-IP» 10G;
* Часть модуля, выполняющаяся на ЦУМ.

Основной функционал модуля в части ЦУМ:

* Инициализация модуля;
* Получение данных мониторинга «ФПСУ-IP» 10G и КРК с ЛСУ;
* Хранение и обработка данных мониторинга «ФПСУ-IP» 10G и КРК;
* Взаимодействие с администратором СУМ КС.

Основной функционал модуля в части ЛСУ:

* Взаимодействие с «ФПСУ-IP» 10G через С»ФПСУ-IP» 10G;
* Взаимодействие с ЦУМ.

**4.2.2.2 Модуль мониторинга оборудования ПУ МКС**

Модуль мониторинга оборудования МКС функционально состоит из двух частей:

* Часть модуля, выполняемая на ЛСУ и взаимодействующая с оборудованием МКС;
* Часть модуля, выполняющаяся на ЦУМ.

Основной функционал модуля в части ЦУМ:

* Инициализация модуля;
* Получение данных мониторинга оборудования МКС;
* Хранение и обработка данных мониторинга оборудования МКС;
* Взаимодействие с администратором СУМ КС.

Основной функционал модуля в части ЛСУ:

* Взаимодействие с оборудованием МКС;
* Взаимодействие с ЦУМ.

**4.2.3 Подсистема технического учёта**

**4.2.3.1 Модуль учета оборудования**

Модуль учета оборудования функционально состоит из двух частей:

* Часть модуля, выполняемая на ЛСУ и взаимодействующая с оборудованием;
* Часть модуля, выполняющаяся на ЦУМ.

Основной функционал модуля в части ЦУМ:

* Инициализация модуля;
* Получение и хранение данных учета оборудования;
* Взаимодействие с администратором СУМ КС.

Основной функционал модуля в части ЛСУ:

* Взаимодействие с оборудованием МКС;
* Взаимодействие с ЦУМ.

**4.2.3.2 Модуль учета логических ресурсов**

Модуль учета логических ресурсов функционально состоит из двух частей:

* Часть модуля, выполняемая на ЛСУ;
* Часть модуля, выполняющаяся на ЦУМ.

Основной функционал модуля в части ЦУМ:

* Инициализация модуля;
* Получение и хранение данных учета логических ресурсов;
* Взаимодействие с администратором СУМ КС.

Основной функционал модуля в части ЛСУ:

* Сбор данных учета логических ресурсов;
* Взаимодействие с ЦУМ.

**4.2.4 Подсистема взаимодействия с внешними системами**

**4.2.4.1 Модуль экспорта данных во внешние системы**

Модуль экспорта данных во внешние системы состоит из:

* Подпрограммы чтения конфигурации;
* Подпрограммы взаимодействия с базами данных подсистемы мониторинга и технического учета;
* Подпрограммы отправки результатов.

**4.2.4.2 Модуль обработки внешних по отношению к СУМ КС запросов API в реальном времени**

Модуль экспорта данных во внешние системы состоит из:

* Подпрограммы чтения конфигурации;
* Подпрограммы взаимодействия с очередью сообщений Rabbitmq;
* Подпрограммы обработки запросов;
* Подпрограммы пересылки запросов;
* Подпрограммы отправки результатов запросов.

**4.2.5 Подсистема контроля доступа**

Подсистема контроля доступа состоит из набора сервисов, работающих на ЦУМ:

* Сервиса OpenLDAP;
* Сервиса Kerberos;
* Сервиса CAS.

**4.2.6 ЛСУ и агенты ЛСУ**

Операционная система сервера ЛСУ представляет собой специальным образом сконфигурированный образ ОС, загружаемый в оперативную память. Конфигурация операционной системы ЛСУ минимальна и достаточна для обеспечения работы модулей агентов ЛСУ.

Часть подсистем и модулей предусматривают, что их части работают на сервере ЛСУ. Основные функции для таких систем описаны в соответствующих пунктах настоящего документа:

* Подсистема управления в 4.2.1;
* Подсистема мониторинга в 4.2.2;
* Подсистема технического учета в 4.2.3.

**4.2.7 ПО АРМ администратора**

ПО АРМ администратора состоит из набора сервисов, работающих на ЦУМ. Основной функционал ПО АРМ администратора:

* Регистрация администраторов;
* Взаимодействие с ЛСУ;
* Интерфейс взаимодействия с другими модулями.

**4.2.8 ФПСУ-IP 10G**

Криптомашрутизаторы ФПСУ-IP 10G представляют собой программно-аппаратный комплекс на базе аппаратной платформы типоразмера 1U», подготовленные для работы с устройствами Квантового Распределения Ключей (магистральные шифраторы с пропускной способностью до 10 Гбит/с).

**4.2.9 КРК**

КРК состоит из модулей КРК 1 (модуль получателя) и КРК 2 (модуль отправителя). С их помощью выполняется рассылка КК по принципу «точка-точка» между соседними узлами ПУ МКС (ПОУ1, ПОУ2, ПОУ3 или ОУ1).

**4.3 Описание функционирования подсистем и их частей**

**4.3.1 Подсистема управления**

**4.3.1.1 Модуль управления «ФПСУ-IP» 10G и КРК**

Функционально модулем решаются следующие задачи:

* Взаимодействие с «ФПСУ-IP» 10G и КРК;
* Управление «ФПСУ-IP» 10G и КРК;
* Производится запись событий в электронный журнал.

**4.3.1.2 Модуль управления трафиком, топологией и технологическими параметрами МКС**

Функционально модулем решаются следующие задачи:

* Обеспечивается доступ к сетевым и вычислительным устройствам системы для осуществления процесса управления ими;
* Обеспечивается безопасность передачи данных в соответствии с уровнем необходимой защищенности;
* Формируется топология сети и вычислительных устройств системы в представлении, соответствующем контексту использования, в достаточной мере обеспечивающем технологический процесс;
* Производится автоматический расчет емкости сети передачи данных с оценкой возможности построения канала передачи пользовательских данных в необходимом объеме;
* Производится оценка технической возможности подключения новых потребителей без ухудшения параметров и уровня обслуживания для подключённых ранее потребителей;
* Реализуется выдача диагностических сообщений;
* Производится запись событий в электронный журнал.

**4.3.2 Подсистема мониторинга**

**4.3.2.1 Модуль мониторинга «ФПСУ-IP» 10G и КРК**

Функционально модулем решаются следующие задачи:

* Взаимодействие с «ФПСУ-IP» 10G и КРК;
* Хранение и обработка данных мониторинга «ФПСУ-IP» 10G и КРК;
* Взаимодействие с администратором СУМ КС;
* Производится запись событий в электронный журнал.

**4.3.2.2 Модуль мониторинга оборудования МКС**

Функционально модулем решаются следующие задачи:

* Взаимодействие с оборудованием МКС;
* Хранение и обработка данных мониторинга оборудования МКС;
* Взаимодействие с администратором СУМ КС;
* Производится запись событий в электронный журнал.

**4.3.3 Подсистема технического учёта**

**4.3.3.1 Модуль учета оборудования**

Функционально модулем решаются следующие задачи:

* Взаимодействие с оборудованием МКС;
* Получение и хранение данных учета оборудования;
* Создание объектов учета оборудования, загруженных из внешних систем;
* Взаимодействие с администратором СУМ КС;
* Производится запись событий в электронный журнал.

**4.3.3.2 Модуль учета логических ресурсов**

Функционально модулем решаются следующие задачи:

* Сбор данных учета логических ресурсов;
* Получение и хранение данных учета логических ресурсов;
* Взаимодействие с администратором СУМ КС;
* Производится запись событий в электронный журнал.

**4.3.4 Подсистема взаимодействия с внешними системами**

**4.3.4.1 Модуль экспорта данных во внешние системы**

Функционально модулем решается задача периодического экспорта во внешнюю систему определённой части данных:

* Данных мониторинга;
* Состава оборудования и логических ресурсов;
* Аварийных сообщений.

**4.3.4.2 Модуль обработки запросов API в реальном времени**

Функционально модулем решаются следующие задачи:

* Прием запросов от внешней системы;
* Обработка запросов;
* Отправка результата обработки запросов.

**4.3.5 Подсистема контроля доступа**

Функционально подсистема контроля доступа решает задачи:

* Авторизации пользователей;
* Аутентификации пользователей.

**4.3.6 ЛСУ и агенты ЛСУ**

Операционная система сервера ЛСУ решает задачу подготовки программного окружения необходимого для запуска агентов ЛСУ.

Каждый агент ЛСУ решает задачи свойственные своему модулю или же подсистеме настоящего документа:

* Подсистема управления описана в 4.3.1;
* Подсистема мониторинга описана в 4.3.2;
* Подсистема технического учета описана в 4.3.3;
* Подсистема контроля доступа описана в 4.3.5.

**4.3.7 ПО АРМ администратора**

Функционально ПО АРМ администратора решает задачи:

* Регистрация администраторов;
* Взаимодействие с ЛСУ;
* Интерфейс взаимодействия с другими модулями.

**4.3.8 ФПСУ-IP 10G**

С помощью данных ПАК ПУ МКС обеспечена возможность реализации защищенной передачи данных как на основе подхода, использующего криптографические ключи, так и на основе подхода с повторным шифрованием данных на криптографических ключах, вырабатываемых на смежных линиях квантовой коммуникации.

**4.3.9 Модули КРК**

КРК обеспечивает автоматизированное выполнение следующих функций:

а) выполнение квантово-криптографического протокола физического уровня, реализованного аппаратно-программными средствами, включающего:

* генерацию квантовых состояний;
* кодирование квантовых состояний;
* передачу квантовых состояний по выделенной волоконно-оптической линии – квантовому каналу;
* прием, декодирование и регистрация квантовых состояний.

б) выполнение квантово-криптографического протокола обработки, реализованного программными средствами, а также обменом информацией между модулями через служебный канал, обеспечиваемый «ФПСУ-IP» 10G:

* процедуры просеивания битовой последовательности;
* оценки параметров квантовой передачи, с помощью которого измеряются параметры, оценивающие наличие/отсутствие перехвата;
* процедуры коррекции ошибок;
* процедуры усиления секретности, с помощью которой осуществляется преобразование просеянной битовой последовательности в блок квантовой ключевой информации.

в) передачу криптографических ключей в «ФПСУ-IP» 10G (или СКЗИ);

г) синхронизацию между модулями КРК;

д) передачу информации о диагностике и мониторинге модулей КРК в СУМ КС;

е) администрирование КРК через локальное управление модулями КРК на узлах ПУ МКС;

ж) Защиту модулей КРК от несанкционированного доступа, включая обеспечение аутентификации.

Перечень принятых сокращений

|  |  |
| --- | --- |
| API  LDAP | – Application programming interface;  – Lightweight Directory Access Protocol; |
| CWDM | – Coarse Wavelength Division Multiplexing; |
| QBER | – Quantum Bit Error Rate; |
| SLA | – Service Level Agreement; |
| SNMP | – Simple Network Management Protocol; |
| АРМ  ВОЛС  ЗИП | – Автоматизированное рабочее место;  – Волоконно-оптическая линия связи;  – Запасные инструменты и принадлежности; |
| ИБП  ИВЦ | – Источник бесперебойного питания;  – Информационно-вычислительный центр; |
| КЗК  КК | – Квантово-защищенные ключи;  – Криптографический ключ; |
| КРК | – Квантовое распределение ключей; |
| КТС | – Комплекс технических средств; |
| ЛСУ  МКС | – Локальный сервер управления;  – Магистральная квантовая сеть; |
| ОАО  ОКУ | – Открытое акционерное общество;  – Оконечный клиентский узел; |
| ОУ | – Опорный узел; |
| ПАК | – программно-аппаратный комплекс; |
| «ФПСУ-IP» 10G | – Подсистема организации доверенных опорных узлов квантовой связи; |
| ПОУ | – Промежуточный опорный узел; |
| ПУ МКС | – пилотный участок магистральной квантовой сети; |
| СУМ КС | – Система управления и мониторинга квантовой сетью; |
| РЖД  СК | – Российские железные дороги;  – Служебный канал; |
| СКЗИ | – Средство криптографической защиты информации; |
| ФПСУ  ЦОД  Ц РЖД | – Фильтр пакетов сетевого уровня;  – Центр обработки данных;  – Центральный аппарат РЖД; |
| ЦУМ | – Центр Управления и Мониторинга. |