

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 08.09.2024 23:36:47

Уникальный программный ключ:

0b817ca9117280c2a0b15a5d426d52e51021e0b075e743d7a4851da50a089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреж-
дение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра космического приборостроения и систем связи

УТВЕЖДАЮ
Проректор по учебной работе
О.Г. Локтионова
« 08 » 08
2024 г.



РАСЧЁТ НАГРУЗКИ И ОБОСНОВАНИЕ
ОБОРУДОВАНИЯ И ИНТЕРФЕЙСОВ СЕТИ ДОСТУПА

Методические указания по выполнению лабораторной работы для студентов, обучающихся по направлению подготовки 11.04.02 «Информационные технологии и системы связи» направленность «Проектирование систем связи малых космических аппаратов» по дисциплине «Проектирование оптических систем доступа»

Курск 2024

УДК 004.716

Составители: А. А. Гуламов, Д. С. Коптев

Рецензент

Доктор технических наук, старший научный сотрудник,
Зав. кафедры КПиСС *В.Г. Андронов*

Расчет нагрузки и обоснование оборудования и интерфейсов сети доступа: методические указания по выполнению лабораторной работы для студентов направления подготовки 11.04.02 направленность «Проектирование систем связи малых космических аппаратов» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: А.А. Гуламов, Д.С. Коптев. - Курск, 2024 – 33 с.: ил. 1, табл. 8. – Библиогр.: с. 28.

Методические указания по выполнению лабораторной работы содержат теоретические сведения о методике расчёта нагрузки в сетях доступа, выборе оборудования и интерфейсов для построения сети доступа, предназначенной для предоставления конкретных видов услуг связи, а также задания для выполнения работы и перечень вопросов для самопроверки изучаемого материала.

Методические указания соответствуют учебному плану обучающихся по направлению подготовки 11.04.02 «Информационные технологии и системы связи» направленность «Проектирование систем связи малых космических аппаратов» по дисциплине «Проектирование оптических систем доступа».

Предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки 11.04.02 «Информационные технологии и системы связи» направленность «Проектирование систем связи малых космических аппаратов» по дисциплине «Проектирование оптических систем доступа».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *28.08.* Формат 60x84/16.
Усл. печ. л. 1,92 .Уч.-изд. л. 1,73 . Тираж 100 экз. Заказ. *804* Бесплатно
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

Содержание

Инструкция по технике безопасности	- 4
1. Цель работы	- 9
2. Краткие теоретические сведения	- 9
3. Расчёт нагрузки шлюзов сети доступа	- 14
4.Задание	- 19
5. Контрольные вопросы	- 28
Библиографический список	- 28
Заключение	- 29
Приложение А Форма титульного листа отчета обучающегося о выполняемой лабораторной работе	- 33

ИНСТРУКЦИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

Общие положения

Настоящая инструкция предназначена для студентов и работников, выполняющих работы на персональном компьютере и на сетевом оборудовании (коммутаторы, маршрутизаторы, межсетевые экраны и т.д.).

К выполнению работ допускаются лица:

- не моложе 16 лет;
- прошедшие медицинский осмотр;
- прошедшие вводный инструктаж по охране труда, а также инструктаж по охране труда на рабочем месте;
- прошедшие обучение безопасным приемам труда на рабочем месте по выполняемой работе.

Работник обязан:

- выполнять правила внутреннего трудового распорядка, установленные в положениях и инструкциях, утвержденных ректором ЮЗГУ, или его заместителями;
- выполнять требования настоящей инструкции;
- сообщать руководителю работ о неисправностях, при которых невозможно безопасное производство работ;
- не допускать присутствия на рабочем месте посторонних лиц;
- уметь оказывать первую помощь и при необходимости оказывать ее пострадавшим при несчастных случаях на производстве, по возможности сохранив обстановку на месте происшествия без изменения и сообщив о случившемся руководителю;
- выполнять требования противопожарной безопасности не разводиться открытый огонь без специального на то разрешения руководителя работ;
- периодически проходить медицинский осмотр в сроки, предусмотренные для данной профессии.

Работник должен знать опасные и вредные производственные факторы, присутствующие на данном рабочем месте:

- возможность травмирования электрическим током при отсутствии или неисправности заземляющих устройств;

- вредное воздействие монитора компьютера при его неправильной установке или неисправности;
- возможность возникновения заболеваний при неправильном расположении монитора, клавиатуры, стула и стола;
- вредное воздействие паров, газов и аэрозолей, выделяющихся при работе копировальной и печатающей оргтехники в непроветриваемых помещениях.

Работник при выполнении любой работы должен обладать здоровым чувством опасности и руководствоваться здравым смыслом. При отсутствии данных качеств он к самостоятельной работе не допускается.

Требования охраны труда перед началом работы

Перед началом работы работник обязан:

- получить от руководителя работ инструктаж о безопасных методах, приемах и последовательности выполнения производственного задания;
- привести в порядок одежду, застегнуть на все пуговицы, чтобы не было свисающих концов, уложить волосы, чтобы они не закрывали лицо и глаза;
- привести рабочее место в безопасное состояние;
- запрещается носить обувь на чрезмерно высоких каблуках;

Перед включением компьютера или сетевого оборудования убедиться в исправности электрических проводов, штепсельных вилок и розеток. Вилки и розетки должны соответствовать Евро-стандарту. Отличительной особенностью этих вилок и розеток является наличие третьего провода, обеспечивающего заземление компьютера или другого прибора. При отсутствии третьего заземляющего провода заземление должно быть выполнено обычным способом с применением заземляющего проводника и контура заземления;

Убедиться, что корпус включаемого оборудования не поврежден, что на нем не находятся предметы, бумага и т.п. Вентиляционные отверстия в корпусе включаемого оборудования не должны быть закрыты занавесками, завалены бумагой, заклеены липкой лентой или перекрыты каким-либо другим способом.

Требования охраны труда во время работы

Запрещается во время работы пить какие-либо напитки, принимать пищу;

Запрещается ставить на рабочий стол любые жидкости в любой таре (упаковке или в чашках);

Помещения для эксплуатации компьютеров, сетевого оборудования должны иметь естественное и искусственное освещение, естественную вентиляцию и соответствовать требованиям действующих норм и правил. Запрещается размещать рабочие места вблизи силовых электрических кабелей и вводов трансформаторов, технологического оборудования, создающего помехи в работе и отрицательно влияющие на здоровье операторов;

Окна в помещениях, где установлены компьютеры должны быть ориентированы на север и северо-восток. Оконные проемы оборудуются регулируемыми устройствами типа жалюзи или занавесками;

Площадь на одно рабочее место пользователей компьютера должна составлять не менее 6 м^2 при рядном и центральном расположении, при расположении по периметру помещения – 4 м^2 . При использовании компьютера без вспомогательных устройств (принтер, сканер и т.п.) с продолжительностью работы менее четырех часов в день допускается минимальная площадь на одно рабочее место 5 м^2 ;

Полимерные материалы, используемые для внутренней отделки интерьера помещений с ПК, должны подвергаться санитарно-эпидемиологической экспертизе. Поверхность пола должна обладать антистатическими свойствами, быть ровной. В помещениях ежедневно проводится влажная уборка. Запрещается использование удлинительных устройств, фильтров, тройников и т.п., не имеющих специальных заземляющих контактов;

Экран видеомонитора должен находиться от глаз оператора на расстоянии 600-700 мм, минимально допустимое расстояние 500 мм;

Продолжительность непрерывной работы с ПК должна быть не более 2 часов.

Требования охраны труда по окончании работы

По окончании работы работник обязан выполнить следующее:

- привести в порядок рабочее место;
- убрать инструмент и приспособления в специально отведенные для него места хранения;
- обо всех замеченных неисправностях и отклонениях от нормального состояния сообщить руководителю работ;
- привести рабочее место в соответствие с требованиями пожарной безопасности.

Действие при аварии, пожаре, травме

В случае возникновения аварии или ситуации, в которой возможно возникновение аварии немедленно прекратить работу, предпринять меры к собственной безопасности и безопасности других рабочих, сообщить о случившемся руководителю работ.

В случае возникновения пожара немедленно прекратить работу, сообщить в пожарную часть по телефону 01, своему руководителю работ и приступить к тушению огня имеющимися средствами.

В случае получения травмы обратиться в медпункт, сохранить по возможности место травмирования в том состоянии, в котором оно было на момент травмирования, доложить своему руководителю работ лично или через товарищей по работе.

Ответственность за нарушение инструкции

Каждый работник ЮЗГУ в зависимости от тяжести последствий несет дисциплинарную, административную или уголовную ответственность за несоблюдение настоящей инструкции, а также прочих положений и инструкций, утвержденных ректором ЮЗГУ или его заместителями.

Руководители подразделений, заведующий кафедрой, начальники отделов и служб несут ответственность за действия своих подчиненных, которые привели или могли привести к авариям и травмам согласно действующему в РФ законодательству в зависи-

мости от тяжести последствий в дисциплинарном, административном или уголовном порядке.

Администрация ЮЗГУ вправе взыскать с виновных убытки, понесенные предприятием в результате ликвидации аварии, при возмещении ущерба работникам по временной или постоянной утрате трудоспособности в соответствии с действующим законодательством.

1 Цель работы

- изучение технических требований по оборудованию и интерфейсам сетей доступа;
- освоение методики расчёта нагрузки в сетях доступа.

2 Краткие теоретические сведения

Для подключения различных пользователей к мультисервисной сети на уровне сети доступа используются два типа оборудования:

- медиашлюзы – для подключения линий и терминального оборудования пользователей, не работающего с пакетными технологиями; основное назначение медиашлюзов – преобразование пользовательской и сигнальной информации в пакетный вид на базе стека протоколов TCP/IP, пригодный для передачи в транспортной сети NGN.

- пакетные коммутаторы/маршрутизаторы – предназначенные для подключения линий и оконечного оборудования пользователей, работающего с пакетными технологиями на базе стека протоколов TCP/IP.

Различают несколько видов медиашлюзов в зависимости от типа подключаемых линий и терминального оборудования пользователей:

- резидентный шлюз доступа RAGW (Resident Access Gateway) – для непосредственного включения абонентских линий, например аналоговых телефонных линий, к которым могут подключаться терминалы телефонной сети связи общего пользования (ССОП), такие как традиционные телефонные аппараты, аналоговые модемы, факсимильные аппараты, модемы xDSL и цифровых абонентских линий ISDN, к которым подключается терминальное оборудование базового доступа, например, цифровые телефонные аппараты ISDN, видеотелефоны через интерфейс BRI (2B+D) и др.

Интерфейс базового уровня (Basic Rate Interface, BRI) предоставляется для связи аппаратуры абонента и ISDN-станции два В-канала и один D-канал. В стандартном режиме рабо-

ты BRI могут быть одновременно использованы оба В-канала по 64 кбит/с (например, один для передачи данных, другой для передачи голоса) или один из них. При одновременной работе каналов они могут обеспечивать соединение с разными абонентами. Максимальная скорость передачи данных для BRI интерфейса составляет 128кбит/с. D-канал используется только для передачи управляющей информации.

Шлюз доступа AGW (Access Gateway) – предназначен для включения сетей доступа AN (Access Network) через интерфейс V5.2, который может включать от 2 до 16 первичных потоков E1, или УПАТС (учрежденческая производственная автоматическая телефонная станция связи) через интерфейс первичного доступа PRA сети ISDN (30B+D).

Интерфейс V5 служит для подключения к АТС сетей доступа, построенных на базе ИКМ трактов с пропускной способностью 2048 кбит/с. Кроме так называемых несущих каналов, т.е. каналов 64 кбит/с, каждый из которых обеспечивает перенос через интерфейс информации, передаваемой/принимаемой пользователем по В каналу ISDN или по абонентской линии ТфОП, в интерфейсе предусмотрен и ресурс, который служит для переноса через него служебной информации – сигнальной и контрольно-управляющей, обеспечивающей, в частности, управление портами ТфОП и ISDN (под портом в данном случае понимается совокупность ресурсов АТС и сети доступа, поддерживающих один интерфейс «пользователь - сеть» – UNI-интерфейс).

Интерфейс V5 представляет собой семейство интерфейсов V5.1 и V5.2, характеристики которых представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики интерфейсов V5.1 и V5.2

V5.1	V5.2
Позволяет подключать к АТС один тракт E1 (30 В-каналов)	Позволяет подключать к АТС группу до 16 трактов 2048 кбит/с
Без функции концентрации нагрузки абонентских линий. Прямое соответствие между канальными интервалами тракта	Поддержка функции концентрации нагрузки абонентских линий. Динамическое назначение ка-

Е1 и терминалами пользователя	нальных интервалов
Не поддерживает первичный доступ ISDN	Поддерживает первичный доступ ISDN
Не обеспечивает функции резервирования при отказе тракта интерфейса	Обеспечивает резервирования при отказе тракта путем переключения на другой тракт интерфейса
-	Управление трактами интерфейса
Сигнализация осуществляется по общему каналу в тракте интерфейса	Для каждого доступа (2048 кбит/с) предусмотрено несколько каналов сигнализации

Интерфейс V5.1 не предусматривает концентрации нагрузки (допускается лишь статическое мультиплексирование).

Интерфейс V5.2 предусматривает возможность концентрации нагрузки. Для этого разработан специальный протокол назначения несущих каналов, который при наличии зафиксированного в порту запроса соединения назначает для В канале этого порта один из свободных канальных интервалов ИКМ тракта, соединяющего сеть доступа и станцию. Обладая высокой пропускной способностью (до 16 ИКМ трактов), интерфейс V5.2 позволяет, кроме базового доступа, обеспечить подключение к АТС и оборудования первичного доступа ISDN. Спецификации сигнализации и управления для V5.2 не отличаются от таковых для V5.1, но т.к. V5.2 позволяет концентрировать нагрузку, его применение помогает добиться высокой эффективности использования ресурсов сети связи.

Часто конструктивно резидентный шлюз и шлюз доступа реализуются в виде единого мультисервисного узла доступа MSAN (Multi-Service Access Node). В состав такого MSAN обязательно входит пакетный коммутатор Ethernet, в который включаются непосредственно все источники нагрузки, работающие по пакетным технологиям: локальные вычислительные сети LAN и мультимедийные терминалы на базе протоколов SIP, H.323 (рисунок 1).

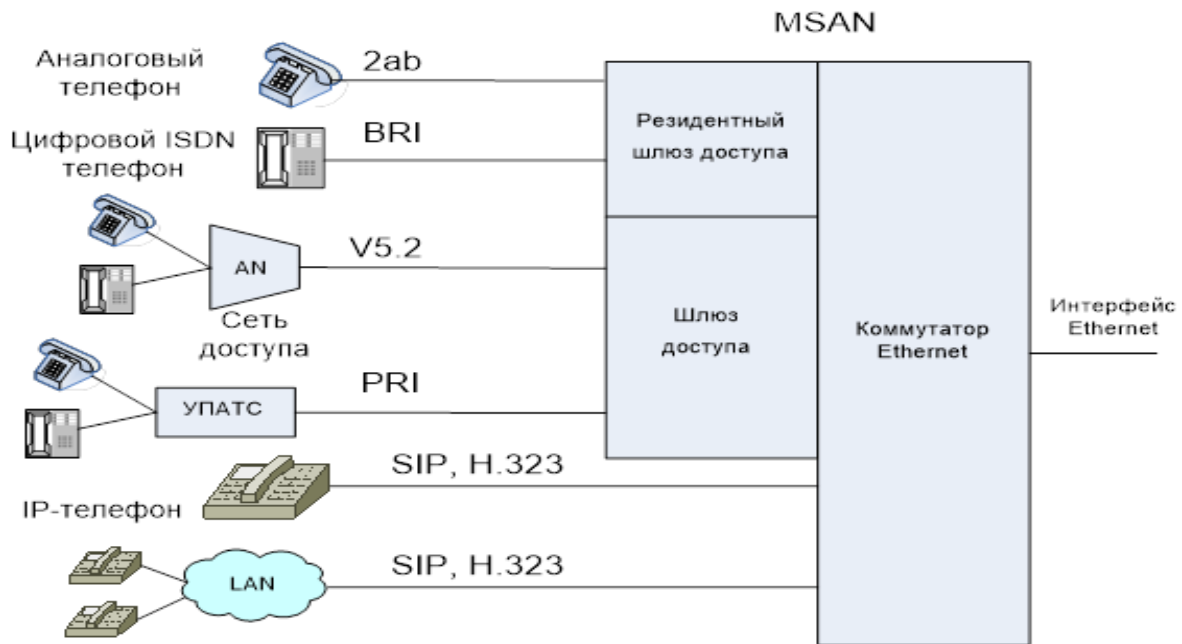


Рисунок 1 – Структура мультисервисного узла доступа (MSAN)

Исходными данными проектирования сети доступа являются:

1. Количество источников нагрузки различных типов, подключение которых планируется реализовать при формировании сети доступа.

К источникам нагрузки относятся:

- абоненты, использующие подключение по аналоговым абонентским линиям и подключаемые в резидентный шлюз доступа (RAGW);

- абоненты, использующие подключение через базовый доступ ISDNBRA и подключаемые в RAGW;

- абоненты, использующие пакетные терминалы SIP и подключаемые в пакетную сеть на уровне коммутатора Ethernetшлюза доступа AGW;

- абоненты, использующие пакетные терминалы H.323 и подключаемые в пакетную сеть на уровне коммутатора Ethernet шлюза доступа AGW;

- локальные вычислительные сети, осуществляющие подключение абонентов с терминалами SIP и H.323 и подключаемые в пакетную сеть на уровне коммутатора Ethernet шлюза доступа AGW;

- УПАТС, использующие внешний интерфейс ISDN-PRA и подключаемые в пакетную сеть через шлюз доступа AGW;

- оборудование сети доступа с интерфейсом V5, подключаемое в пакетную сеть через шлюз доступа AGW;

- АТС телефонной сети, подключаемые к транзитному шлюзу.

2. Удельные нагрузки от перечисленных выше источников сетей с коммутацией каналов.

3. Удельные параметры передачи терминального оборудования пакетных сетей и удельные нагрузки, приведенные к параметрам передачи.

4. Типы кодеков в планируемом к внедрению оборудовании шлюзов.

Следует различать нагрузки: поступающую, обслуженную и потерянную.

Под поступающей нагрузкой понимается такая, которая была бы обслужена системой за рассматриваемый промежуток времени, если бы каждому поступающему вызову тотчас было предоставлено соединение со свободным выходом.

Обслуженная нагрузка представляет собой сумму времен занятия всех выходов системы, обслуживающей поступающий на ее входы поток вызовов за рассматриваемый промежуток времени.

Потерянная коммутационной системой в течение промежутка времени нагрузка представляет собой разность между поступающей и обслуженной нагрузками за рассматриваемый промежуток времени.

Интенсивность нагрузки – нагрузка за единицу времени (в телефонии, обычно за 1 ч). За единицу измерения интенсивности нагрузки принят эрланг (Эрл) по имени А. К. Эрланга. Один Эрл представляет собой нагрузку в одно часо-занятие за 1 ч.

Под часом наибольшей нагрузки понимают интервал времени, продолжительностью 60 минут, в течение которого нагрузка максимальна в среднем, за достаточно продолжительный интервал времени.

Удельная абонентская нагрузка это интенсивность нагрузки, создаваемой одним абонентом, в среднем в достаточно большой группе абонентов. Она также измеряется в эрлангах.

3 Расчет нагрузки шлюзов сети доступа

Число абонентских шлюзов определяется исходя из параметров критичности длины абонентской линии, расчетного значения предполагаемой нагрузки, топологии первичной сети (если таковая уже существует), наличия помещений для установки, технологических показателей типов оборудования, предполагаемого к использованию.

Исходя из критерия критичности длины абонентской линии, зона обслуживания резидентного шлюза доступа должна создаваться таким образом, чтобы максимальная длина абонентской линии не превышала 3-4 км. Если шлюз производит подключение оборудования сети доступа интерфейса V5, LAN либо УПАТС, то зона обслуживания шлюза включает в себя и зоны обслуживания подключаемых объектов.

Исходя из зоны обслуживания определяются емкостные показатели шлюза, которые отражают общее количество абонентов и емкости каждого из типов подключений.

Рассчитаем нагрузки, поступающие на каждый вид шлюзов.

1. Общая нагрузка, поступающая на резидентный шлюз доступа RAGW, обеспечивающий подключение аналоговых абонентов ССОП и абонентов базового доступа ISDN, равна:

$$Y_{RAGW} = Y_{CCOП} + Y_{ISDN} = y_{CCOП} \cdot N_{CCOП} + y_{ISDN} \cdot N_{ISDN}, \text{ Эрл} \quad (1)$$

где $Y_{CCOП}$ – общая нагрузка, поступающая на шлюз доступа от абонентов ССОП;

Y_{ISDN} – общая нагрузка, поступающая на шлюз доступа от абонентов ISDN;

$y_{CCOП}$ – удельная нагрузка на одного абонента ССОП, равна 0,1 Эрл;

y_{ISDN} – удельная нагрузка на одного абонента ISDN, равна 0,2 Эрл;

$N_{CCOП}$ – число абонентов, использующих подключение по аналоговой абонентской линии к ССОП;

N_{ISDN} – число абонентов, использующих подключение по базовому доступу ISDN.

2. Общая нагрузка, поступающая на шлюз доступа AG, обеспечивающий подключение сетей доступа СД через интерфейс V5 и УПАТС через интерфейс первичного доступа PRI, равна:

$$Y_{AGW} = \sum_{j=1}^J y_{V5} M_{j_V5} + \sum_{k=1}^K y_{УПАТС} M_{k_УПАТС}, \text{ Эрл} \quad (2)$$

y_{V5} —удельная нагрузка на один канал интерфейса V5.2, равная 0,7 Эрл;

M_{j_V5} —число каналов в интерфейсе V5.2 для подключения j -ой сети доступа (следует учитывать, что задано число первичных потоков E1 для подключения сетей доступа, которое необходимо пересчитать в число речевых каналов);

J — общее число сетей доступа;

$y_{УПАТС}$ — удельная нагрузка на один канал первичного доступа ISDNPRI для подключения УПАТС, равная 0,8 Эрл;

$M_{k_УПАТС}$ — число каналов в интерфейсе PRI для подключения k -ой УПАТС (следует учитывать, что задано число потоков PRI для подключения каждой УПАТС, которое необходимо пересчитать в число речевых каналов);

K — общее число УПАТС.

Если шлюз реализует одновременно функции резидентного шлюза доступа и шлюза доступа, то общая нагрузка, поступающая на такой медиашлюз, равна:

$$Y_{GW} = Y_{RAGW} + Y_{AGW}, \text{ Эрл.} \quad (3)$$

Пусть V_{COD_m} — скорость передачи кодека типа m при обслуживании речевого вызова. Значения V_{COD_m} для различных типов речевых кодеков приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики различных речевых кодеков

Кодек	Полоса пропускания кодека V_{COD_m} , кбит/с	Полоса пропускания с учетом подавлений пауз, кбит/с
G.711	84,80	42
G.726	37,69	19
G.729	14,13	12,2

Тогда транспортный ресурс, который должен быть выделен для передачи в пакетной сети голосового трафика, поступающего на шлюз, при условии использования кодека типа m будет равен:

$$V_{GW_COD} = k \cdot V_{COD} \cdot Y_{GW} \quad (4)$$

где k – коэффициент использования ресурса, $k = 1,25$;

V_{COD} – полоса пропускания заданного речевого кодека с учетом подавления пауз.

Например, если суммарная нагрузка от источников всех типов, поступающая на шлюз, равна 100 Эрл, и, если используется кодек G.711 без подавления пауз, то выделяемый ресурс должен составлять

$$V = 1,25 \cdot 84,8 \text{ кбит/с} \cdot 100 = 10,62 \text{ Мбит/с}$$

Если используется кодек G.729а с алгоритмом подавления пауз, то для обслуживания той же нагрузки потребуется ресурс

$$V = 1,25 \cdot 12,2 \text{ кбит/с} \cdot 100 = 1,615 \text{ Мбит/с}$$

Следует отметить, что для обслуживания той же нагрузки в режиме коммутации каналов потребовался бы ресурс

$$V = 1,25 \cdot 64 \text{ кбит/с} \cdot 100 = 8 \text{ Мбит/с}$$

что меньше, чем в случае использования кодеков G.711.

Если в оборудовании шлюза доступа реализована возможность подключения пользователей, использующих пакетные терминалы

SIP, H.323 либо включение локальных вычислительных сетей LAN, осуществляющих подключение таких пользователей, то требуемый транспортный ресурс подключения шлюзов доступа должен быть увеличен. Доля увеличения транспортного ресурса V_{paket} за счет предоставления базовой услуги пакетной телефонии таким пользователям может быть определена в зависимости от используемых кодеков и числа пользователей. Дополнительный транспортный ресурс шлюза для обслуживания терминалов пакетной телефонии равен:

$$V_{paket} = V_{LAN} + V_{SH} = y_{paket} \cdot V_{COD} (N_{LAN} \cdot M_{LAN} + N_{SH}) \quad (6)$$

где y_{paket} – удельная нагрузка от терминала SIP/H.323, которая равна 0,2 Эрл.

N_{SH} – число абонентов с терминалами SIP/H.323, использующих подключение по Ethernet–интерфейсу на уровне коммутатора Ethernet–шлюза;

M_{j_V5} – число пользовательских каналов в j –ом интерфейсе V5, где j – номер сети доступа;

M_{i_LAN} – число абонентов речевых услуг, подключаемых к i –ой LAN, где i – номер LAN;

N_{V5} – число сетей доступа интерфейса V5, подключаемых к шлюзу доступа;

$M_{k_УПАТС}$ – число пользовательских каналов в интерфейсе подключения PRI k -ой УПАТС, где k – номер УПАТС;

N_{LAN} – число LAN, подключаемых к Ethernet–коммутатору на уровне шлюза доступа.

Каждый терминал пользователя характеризуется параметрами телетрафика:

- интенсивность входящего потока заявок на предоставление услуг (вызов/час), $\gamma^{(k)}_{термин}$, где $k = 1, 2, \dots$ – номера услуг;

- средняя длительность сеанса связи $T^{(k)}_{сеанс}$;

- удельная интенсивность нагрузки:

$$p^{(k)}_{термин} = \gamma^{(k)}_{термин} \cdot T^{(k)}_{сеанс} / 3600 \text{ (Эрл)}$$

Для служб с изменяющимся трафиком для описания скорости передачи используются следующие параметрами:

- пиковая или максимальная битовая скорость передачи $B^{(k)}_{макс}$;
- средняя битовая скорость $B^{(k)}_{ср}$;
- пачечность, $K^{(k)}_{пач} = B^{(k)}_{макс} / B^{(k)}_{ср}$;
- среднее время пика $T^{(k)}_{пик}$.

Для служб с постоянной скоростью передачи $B^{(k)}_{макс} = const$ на всем периоде сеанса.

Для выполнения расчетов пропускной способности цифровых фактов и оптических каналов, и производительности коммутаторов пакетов предполагается:

- поток заявок, поступающих по k-той услуге для доступа к коммутатору, является пуассоновским с функцией распределения вероятностей промежутка времени между поступлениями:

$$A^{(k)}(t) = 1 - \exp\left[-\gamma^{(k)}_{термин} \cdot t\right]$$

- скорости передачи терминалов k-ой услуги с переменной скоростью - случайные дискретные величины, принимающие значения $B^{(k)}_{макс}$ с вероятностью:

$$p^{(k)} = 1 / K^{(k)}_{пач}$$

или нулевое значение скорости с вероятностью:

$$q^{(k)} = 1 - p^{(k)}$$

При этом достигается максимум дисперсии $D^{(k)}_{макс}$ значения скорости передачи.

Среднее значение и дисперсия битовой скорости k -ой услуги при образовании $N_{вк}^{(k)}$ числа виртуальных каналов определяются:

$$B_{cp}^{(k)} = N_{вк}^{(k)} \cdot p^{(k)} \cdot B_{макс}^{(k)}$$

$$D^{(k)} = N_{вк}^{(k)} \cdot p^{(k)} \cdot \left(B_{макс}^{(k)} \right)^2$$

Среднее значение и дисперсия случайной величины битовой скорости передачи в цифровом тракте или оптическом канале, которая требуется для удовлетворения потребностей пользователей, определяется по теореме сложения математических ожиданий и дисперсии:

$$B_{cp} = \sum_{k=1}^K B_{cp}^{(k)}$$

$$D = \sum_{k=1}^K D^{(k)}$$

Среднее значение и дисперсия пакетов, которые необходимы в единицу времени абоненту k - ой услуги для транспортировки трафика (производительность коммутатора):

$$R_{пак}^{(k)} = B_{макс}^{(k)} / L_{инф}$$

где $L_{инф}$ ёмкость пакета в битах (например, для ячейки АТМ 384 бита = 8бит*48байта полезной нагрузки из 53байт всей ячейки, для полной длины кадра Ethernet принято в примере 12144бит);

Учитывая, что число абонентов в СД достаточно велико (сотни пользователей на каждый коммутатор), можно условно считать закон распределения суммарной пропускной способности узла коммутации и цифровых трактов (оптических каналов) нормальным. В этом случае вероятность события, состоящего в том, что требуемая различными службами (услугами) скорость передачи информации превышает битовую скорость тракта, что может повлечь потерю пакетов:

$p(B > B_{\text{макс тр}}) = 1 - \Phi(U)$, где $\Phi(U)$ — интегральная функция нормального закона распределения,

$$U = (B_{\text{макс тр}} - B_{\text{ср}}) / \sqrt{D}$$

Тогда задаваясь значением $p(B > B_{\text{макс тр}})$ по таблице 3 можно найти значение U и вычислить $B_{\text{макс тр}}$:

$$B_{\text{макс тр}} = B_{\text{ср}} + U \sqrt{D}$$

Таблица 3 – Вероятность потери пакета в тракте передачи

$p(B > B_{\text{макс тр}})$	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}
U	3,09	3,72	4,26	4,75	5,2	5,61	5,99	6,63

Вероятности потери пакетов и вероятности битовых ошибок по услугам приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Параметры основных услуг

Услуги	Вероятность битовой ошибки	Вероятность потери пакета	Задержка передачи, мс
Телефония	10^{-7}	10^{-3}	25/500
Передача данных	10^{-7}	10^{-6}	1000
Телевидение	10^{-6}	10^{-8}	1000
Звуковое вещание	10^{-5}	10^{-7}	1000
Управление в базах данных	10^{-5}	10^{-3}	1000

Примеры характеристик некоторых видов трафика представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Параметры трафика мультисервисных интерактивных услуг

Услуга	Класс пользователей	$V_{\text{макс}}$, кбит/с	Пачечность	Длительность сеанса связи		Входящая нагрузка в ЧНН, Эрл	Число вызовов в ЧНН
				$T_{\text{тик}}$, с	$T_{\text{сеанс}}$, с		
Телефония, включая IP-телефонию	КС	64	1	100	100	0,1	3,6
	ДС	64	1	100	100	0,4	14,4
	УАТС	64	1	100	100	4,5	162

Факс	ДС	2048	1	3	3	0,01	12
	УАТС	2048	1	3	3	0,03	12
Передача файлов, Интернет	ДС	2048	1	1	1	0,2	10,8
	УАТС	2048	1	1	1	2,7	10,8
Видеотелефон Видеоконференция	КС	10000	5	1	100	0,02	0,72
	ДС	10000	5	1	100	0,02	0,72
	УАТС	10000	5	1	100	0,1	3,6
Поиск видео VoD	КС	10000	54	10	540	0,03	0,2
	ДС	10000	18	10	180	0,1	2
IPTV	УАТС	10000	18	10	180	0,4	8
	Центр служб	10000	48	1	480	2,33	46,2
Поиск документов	КС	64	200	0,25	300	0,05	0,6
	ДС	64	200	0,25	300	0,25	3
	УАТС	64	200	0,25	300	0,5	6
	Центр служб	64	200	0,25	300	2,3	39,9
Данные по требованию	ДС	64	200	0,04	30	0,2	24
	УАТС	64	200	0,04	30	0,6	72

Поясним описанное выше на конкретном примере.

Задача: определить требуемую скорость передачи данных и производительность узлов коммутации кольцевого участка сети доступа АТМ с общими заданными виртуальными каналами услуг для 100 терминалов. В сети используется 3 коммутатора (2 коммутатора вблизи абонентов ONU и 1 коммутатор в узле доступа CDN). Все коммутаторы должны иметь одинаковую производительность для гарантированного пропуск трафика в рабочем и в аварийном (защищенном) режимах работы сети.

Исходные данные для решения задачи представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Исходные данные для решения задачи

№ п/п	Услуги	Число виртуальных каналов $N_{вк}^{(k)}$
1	Телефония КС	60
2	Передача файлов ДС	20
3	Видеотелефон ДС	40
4	Поиск документов ЦС	100

Решение задачи производится в следующем порядке:

1) Вычисляется средняя битовая скорость передачи данных каждого вида услуг с учетом пачечности:

$$B_{cp}^{(1)} = N_{вк}^{(1)} \cdot p^{(1)} \cdot B_{макс}^{(1)} = 60 \cdot 1 \cdot 64 \cdot 10^3 = 384 \cdot 10^4 \text{ бит} / \text{с}$$

$$B_{cp}^{(2)} = N_{вк}^{(2)} \cdot p^{(2)} \cdot B_{макс}^{(2)} = 20 \cdot 1 \cdot 2048 \cdot 10^3 = 4096 \cdot 10^5 \text{ бит} / \text{с}$$

$$B_{cp}^{(3)} = N_{вк}^{(3)} \cdot p^{(3)} \cdot B_{макс}^{(3)} = 40 \cdot 0,2 \cdot 10 \cdot 10^6 = 80 \cdot 10^6 \text{ бит} / \text{с}$$

$$B_{cp}^{(4)} = N_{вк}^{(4)} \cdot p^{(4)} \cdot B_{макс}^{(4)} = 100 \cdot (1/200) \cdot 64 \cdot 10^3 = 32 \cdot 10^3 \text{ бит} / \text{с}$$

2) Вычисляется дисперсия битовой скорости каждого вида услуг:

$$D^{(1)} = N_{вк}^{(1)} \cdot p^{(1)} \cdot \left(B_{макс}^{(1)} \right)^2 = 60 \cdot 1 \cdot \left(64 \cdot 10^3 \right)^2 = 0,24576 \cdot 10^{12}$$

$$D^{(2)} = N_{вк}^{(2)} \cdot p^{(2)} \cdot \left(B_{макс}^{(2)} \right)^2 = 20 \cdot 1 \cdot \left(2048 \cdot 10^3 \right)^2 = 83,886 \cdot 10^{12}$$

$$D^{(3)} = N_{вк}^{(3)} \cdot p^{(3)} \cdot \left(B_{макс}^{(3)} \right)^2 = 40 \cdot 0,2 \cdot \left(10 \cdot 10^6 \right)^2 = 800 \cdot 10^{12}$$

$$D^{(4)} = N_{вк}^{(4)} \cdot p^{(4)} \cdot \left(B_{макс}^{(4)} \right)^2 = 100 \cdot (1/200) \cdot \left(64 \cdot 10^3 \right)^2 = 2,048 \cdot 10^9$$

3) Вычисляется результирующая средняя скорость в цифровом тракте для всех видов услуг:

$$V_{ср} = \sum_{k=1}^K B^{(k)}_{ср} = 384 \cdot 10^4 + 4096 \cdot 10^5 + 80 \cdot 10^6 + 32 \cdot 10^3 = 493,472 \cdot 10^6 \text{ бит} / \text{с}$$

4) Вычисляется результирующая дисперсия битовой скорости для всех видов услуг:

$$D = \sum_{k=1}^K D^{(k)} = 0,24576 \cdot 10^{12} + 83,88 \cdot 10^{12} + 800 \cdot 10^{12} + 2,048 \cdot 10^9 = 884,138 \cdot 10^{12}$$

4) Вычисляется максимальная допустимая скорость передачи в тракте при вероятности потери пакета 10^{-3} .

$$V_{макс тр} = V_{ср} + U \sqrt{D} = 493,472 \cdot 10^6 + 3,09 \cdot \sqrt{884,138 \cdot 10^{12}} = 585,35 \cdot 10^6 \text{ бит} / \text{с}$$

5) Вычисляется производительность узлов коммутации для пакетов АТМс полезной емкостью 384 бит:

$$R_{пак}^{(k)} = B_{макс}^{(k)} / L_{инф} = \left(585,35148 \cdot 10^6 \text{ бит} / \text{с} \right) / 384 \text{ бит} = 1,524 \cdot 10^6 \text{ пакетов в секунду.}$$

Для узлов с коммутаторами Ethernet при полезной ёмкости кадра 12144 бит:

$$R^{(k)}_{\text{пак}} = B^{(k)}_{\text{макс}} / L_{\text{инф}} = (585,35148 \cdot 10^6 \text{ бит} / \text{с}) / 12144 \text{ бит} = 48,2 \cdot 10^3 \text{ пакетов в секунду.}$$

Для реализации максимальной скорости передачи потребуется физический тракт из 4 сцепленных контейнеров VC-4 SDH (599,040Мбит/с) в STM-4. В зависимости от дистанции передачи может быть выбран интерфейс (S, L, V, U).

По полученной величине производительности может быть выбран коммутатор АТМ, который обеспечит заданное количество виртуальных каналов.

Аналогичный расчёт может быть приведён для выбора коммутатора Ethernet и соответственно оптических линейных интерфейсов.

Например, при использовании технологии GERON полученная скорость оптического интерфейса не превышает техническую (1000Мбит/с), что может быть основанием для выбора технологии GERON для сравнения с другими технологиями и архитектурами СД. При этом в расчёт должно быть принято расстояние между OLT и ONT (ONU) и соответствующие оптические интерфейсы.

Для обоснованного выбора коммутационного оборудования сети доступа необходимо составить таблицу с указанием основных технических характеристик сравниваемых образцов и стоимостных показателей (по возможности). Пример данных коммутаторов Ethernet для выше приведённых расчётов представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Примеры характеристик коммутаторов Ethernet для сетей доступа

	Функции коммутатора / модель	ES-2108-LC	ES-2048	ES-3124PWR
1	Коммутация на уровне L2/L2+	*	*	*/*
2	Интерфейсы RJ-45 10/100 Base-TX, фиксир. RJ-45 10/100 Base-TX POE, фиксир. RJ-45 10/100/1000 Base-TX, фиксир. Dual personality (RJ-45 1000 Base-T или SFP) Порты 100 FX оптоволокно, фиксир. SFP - слоты	8 - - - 1 1 1	48 - - 2 - - -	- 24 2 2 - - -
3	Производительность			

	Скорость коммутирующей матрицы, Гбит/с Пропускная способность кадров в секунду Буфер пакетов, байт Таблица MAC адресов	5,6 2,9*10 ⁶ 256K 8K	17 10,1*10 ⁶ 32M 16K	12,8 9,6*10 ⁶ 32M 16K
4	Отказоустойчивость Протокол STP/RSTP/IEEE 802.1w Протокол MRSTP	* -	* -	* *
5	Контроль трафика Динамич. VLAN/ статич. VLAN 802.1Q VLAN на основе портов и тегов 802.1Q Магистральные соединения VLAN Стыки VLAN (Q-in-Q) по 802.1Q	4K/256 * * -	4K/256 * * -	4K/256 * * -
6	Управление качеством обслуж. (QoS) Очереди приоритетов на порт 802.1p Метод организации очередей 802.1p Контроль широковещательных штормов Шаг регулировки скорости, кбит/с Приоритет по спискам доступа (L2-L4) Ограничение исходящего трафика	4 SPQ/WRR * 64 - *	8 SPQ/WFQ * 64 - *	8 SPQ/WFQ * 64 * *
7	Управление устройством Веб, кластер iStacking, Cisco CLI, RS-232, NTP Ретрансляцию DHCP	* -	* *	* *
8	Физические и электрические характеристики Габариты, мм Потребляемая мощность, Вт	250/133/37 10	438/300/44 60	438/420/44 600

При этом предполагается, что все 100 терминалов пользователей подключаются в СД через интерфейсы 100BASE-TX.

Вес коммутаторы доступа технологии Ethernet подразделяют на следующие виды:

- неуправляемые и управляемые коммутаторы 1 уровня доступа, размещаемые непосредственно вблизи от пользовательских терминалов, имеющие ёмкость 4-8 портов 10/100Мбит/с;

- управляемые коммутаторы 2 уровня доступа, размещаемые в непосредственной близости от терминалов пользователей или на некотором удалении, имеющие ёмкость 24-48 портов 100/1000Мбит/с и поддержкой различных VLAN;

- коммутаторы 2 уровня распределения для мультисервисных сетей с числом портов 24/48 портов 1000Мбит/с/10Гбит/с и поддержкой различных VLAN;

- управляемые коммутаторы 2 и 3 уровня доступа и распределения с числом портов 24/48 100/1000Мбит/с и поддержкой различных VLAN.

Вес коммутаторы, как правило, выполнены с учетом возможности установки электрических (для витых пар) и оптических (для модулей SFP, XFP) интерфейсов и возможностями поддержки различных конфигураций сетей доступа («Звезда», «Дерево», «Кольцо», P2P)

Возможна концентрация трафика в предлагаемом примере через неуправляемые концентраторы доступа на 4-8 входных портов (NU1), которые удобно размещать вблизи пользовательских терминалов NT (не далее 100м) и подключать через медные кабели категории 3 и 5. В свою очередь концентраторы могут подключаться к коммутаторам уровня доступа с числом портов 24, 48 (ONU2) через медные кабели категории 5 или волоконно-оптические интерфейсы. Т.о. может потребоваться от 25 до 13 портов коммутаторов доступа с линейными электрическими или оптическими интерфейсами на скорость 1Гбит/с и поддержкой функций защиты кольцевой транспортной распределительной сети.

Для стационарного узла OLT возможно использование коммутатора уровня распределения мультисервисной сети, который может одновременно поддерживать и несколько отдельных СД. Для последнего также необходим расчёт производительности.

В случае необходимости концентрирования трафика TDM (поток E1 от учрежденческих ЭАТС) и совмещение его с сетью доступа с пакетной передачей Ethernet или ATM должны быть применены конверторы TDM. Ethernet или TDM/ATM, например, гибкие мультиплексоры МАКОМ-МХ с платами ToP, имеющими линейный интерфейс 100BASE-T или SFP - модуль.

Для выбора кабельной продукции необходимо определить требуемые длины участков, где будет использоваться оптический кабель с многомодовыми волокнами (стеклянными и/или пластиковыми), одномодовый кабель с волокнами стандартов G.652 или G.657, витые пары медных проводов с экранированием (STP) или

без экранирования (UTP). Для медных кабелей длина не должна превышать 100м от терминала пользователя (NT) до блока концентрации нагрузки (ONU), что прописано в соответствующих характеристиках интерфейсов.

Однако если применяются модемы xDSL, эта рекомендация может не приниматься во внимание и необходимо произвести выбор соответствующих пар проводов по диаметру жил, по помехозащищённости после выполнения электрических расчетов.

4 Задание

В соответствии с таблицей 8 по вышеприведенной методике осуществить расчёт требуемой скорости передачи данных и производительности узлов коммутации кольцевого участка сети доступа Ethernet с заданным количеством виртуальных каналов по заданию преподавателя.

Таблица 8 – Варианты заданий на практическую работу

Номер варианта	Услуги	Класс пользователей	Число виртуальных каналов $N_{вк}^{(k)}$
1	Телефония	УАТС	100
2	Видеоконференция	ДС	50
3	Поиск документов	УАТС	30
4	Факс	ДС	25
5	Поиск видео	КС	45
6	IPTV	УАТС	75
7	Данные по требованию	УАТС	70
8	Интернет	ДС	80
9	Поиск документов	Центр служб	90
10	Видеотелефон	ДС	145
11	IP-телефония	УАТС	170
12	Телефония	КС	24
13	Передача файлов	ДС	36
14	Видеоконференция	ДС	78
15	Передача файлов	КС	94

5 Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте назначение шлюзов в сети NGN.
2. Чем отличаются различные типы шлюзов сетей NGN: транзитный (транкинговый), сигнальный, доступа, резидентный доступа?
3. Перечислите основные задачи проектирования сети NGN.
4. Укажите основные варианты подключения оконечных пользователей к ССОП.
5. Перечислите необходимые исходные данные для расчета сети доступа.
6. Поясните методику расчетов оборудования шлюзов доступа.

Библиографический список

1. Фокин, В. Г. Проектирование оптической сети доступа : учебное пособие / В. Г. Фокин. - Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2012. - 311 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=431523> (дата обращения 27.10.2023) . - Режим доступа : по подписке. - Текст : электронный
2. Скляров, О. К. Волоконно-оптические сети и системы связи : учебное пособие / О. К. Скляров. – Москва : СОЛОН-ПРЕСС, 2009. – 266 с. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=117684> (дата обращения 27.10.2023). – Режим доступа : по подписке. – Текст : электронный.
3. Шарангович, С.Н. Многоволновые оптические системы связи : учебное пособие / С.Н. Шарангович. – Томск : ТУСУР, 2016. – 156 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=492591> (дата обращения 27.10.2023) . - Режим доступа : по подписке. - Текст : электронный.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам выполнения лабораторных работ студент формирует следующие компетенции:

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций			
		Недостаточный уровень («неудовл.»)	Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень («хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5	6
ПК-2/ Основной, завершающий.	ПК-2.1 Контролирует соблюдение утвержденных проектных решений при подготовке исполнительной документации. ПК-2.2 Уточняет проектную документацию и вносит изменения при изменении тех-	Знать: Отдельные методы проектирования и разработки интерфейсных модулей сетевых узлов, создания структурированных кабельных систем, в том числе для малых космических аппаратов. Демонстрирует менее 60% знаний, указанных в таблице 1.3 для ПК-2. Обу-	Знать: Основные методы проектирования и разработки интерфейсных модулей сетевых узлов, создания структурированных кабельных систем, в том числе для малых космических аппаратов. Демонстрирует 60-74% знаний, указанных в таблице 1.3 для ПК-2. Знания	Знать: Методы проектирования и разработки интерфейсных модулей сетевых узлов, создания структурированных кабельных систем, в том числе для малых космических аппаратов. Демонстрирует 75-89% знаний, указанных в таблице 1.3 для ПК-2.	Знать: Эффективные современные методы проектирования и разработки интерфейсных модулей сетевых узлов, создания структурированных кабельных систем, в том числе для малых космических аппаратов. Демонстрирует 90-100% знаний, указан-

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций			
		Недостаточный уровень («неудовл.»)	Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (хорошо)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5	6
	<p>нических решений. ПК-2.3 Разрабатывает исполнительную документацию в составе группы соисполнителей-смежников.</p>	<p>чающийся нуждается в постоянных подсказках; допускает грубые ошибки, которые не может исправить самостоятельно.</p> <p>Уметь: Применять отдельные методы проектирования и разработки интерфейсных модулей сетевых узлов, создания структурированных кабельных систем, в том числе для малых космических аппаратов.</p>	<p>обучающегося имеют поверхностный характер, имеют место неточности и ошибки.</p> <p>Уметь: Применять основные методы проектирования и разработки интерфейсных модулей сетевых узлов, создания структурированных кабельных систем, в том числе для малых космических аппаратов.</p> <p>В целом сформированные, но вызы-</p>	<p>Обучающийся имеет хорошие, но не исчерпывающие знания; допускает неточности.</p> <p>Уметь: Применять методы проектирования и разработки интерфейсных модулей сетевых узлов, создания структурированных кабельных систем, в том числе для малых космических аппаратов.</p> <p>Сформированные и самостоятельно</p>	<p>ных в таблице 1.3 для ПК-2. Знания обучающегося являются прочными и глубокими, имеют системный характер. Обучающийся свободно оперирует знаниями.</p> <p>Уметь: Применять эффективные современные методы проектирования и разработки интерфейсных модулей сетевых узлов, создания структу-</p>

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций			
		Недостаточный уровень («неудовл.»)	Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень («хорошо»)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5	6
		<p>Демонстрирует менее 60% умений, установленных в таблице 1.3 для ПК-2.</p> <p>Владеть: Навыками применения отдельных методов проектирования и разработки интерфейсных модулей сетевых узлов, создания структурированных кабельных систем, в том числе для малых космических аппаратов.</p> <p>Навыки, указанные в таблице 1.3 для</p>	<p>вающие затруднения при самостоятельном применении умения, указанные в таблице 1.3 для ПК-2.</p> <p>Владеть: Навыками применения основных методов проектирования и разработки интерфейсных модулей сетевых узлов, создания структурированных кабельных систем, в том числе для малых космических аппаратов.</p> <p>Навыки, ука-</p>	<p>применяемые умения, указанные в таблице 1.3 для ПК-2.</p> <p>Владеть: Навыками применения методов проектирования и разработки интерфейсных модулей сетевых узлов, создания структурированных кабельных систем, в том числе для малых космических аппаратов.</p> <p>Навыки, указанные в таблице 1.3 для ПК-2,</p>	<p>рированных кабельных систем, в том числе для малых космических аппаратов.</p> <p>Хорошо развитые, уверенно и успешно применяемые умения, указанные в таблице 1.3 для ПК-2.</p> <p>Владеть: Навыками применения эффективных современных методов проектирования и разработки интерфейсных модулей сетевых уз-</p>

Код компетенции/ этап (указывается название этапа из п.7.1)	Показатели оценивания компетенций (индикаторы достижения компетенций, закрепленные за дисциплиной)	Критерии и шкала оценивания компетенций			
		Недостаточный уровень («неудовл.»)	Пороговый уровень («удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (хорошо)	Высокий уровень («отлично»)
1	2	3	4	5	6
		ПК-2, не развиты	занные в таблице 1.3 для ПК-2, развиты на элементарном уровне.	хорошо развиты.	лов, создания структурированных кабельных систем, в том числе для малых космических аппаратов. Навыки, указанные в таблице 1.3 для ПК-2, хорошо развиты.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Форма титульного листа отчета, обучающегося о выполненной лабораторной работе**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет»

Кафедра космического приборостроения и систем связи

ОТЧЕТ

о выполненной лабораторной работе по дисциплине

«Проектирование оптических сетей доступа»

на тему «_____»

Выполнил

(подпись)

/Фамилия, инициалы/

Проверил

(подпись)

/Фамилия, инициалы/

Курск 20_____