

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ
И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В МОБИЛЬНЫХ СЕТЯХ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторной работы
«Исследование радиорелейной системы Nokia»
для студентов очной формы обучения направления
11.04.02 – Инфокоммуникационные технологии и системы связи

Севастополь
СевГУ
2024

УДК 621.396.43(076.5)
ББК 32.811.3я73
С409

Р е ц е н з е н т :

С. Р. Зиборов - канд. техн. наук, доцент, инженер
кафедры «Инновационные телекоммуникационные технологии»

Ответственный за выпуск:

А. А. Савочкин - заведующий кафедрой «Инновационные
телекоммуникационные технологии», канд. техн. наук, доцент

Составители: А. А. Савочкин, В. О. Тихвинский

С409 Системы передачи информации в мобильных сетях : учебно-методическое пособие по выполнению лабораторной работы «Исследование радиорелейной системы *Nokia*» для студентов очной формы обучения направления 11.04.02 – Инфокоммуникационные технологии и системы связи / Севастопольский государственный университет, Институт радиоэлектроники и интеллектуальных технических систем ; сост. А. А. Савочкин, В. О. Тихвинский. – Севастополь : СевГУ, 2024. – 34 с. – Текст : электронный.

Целью учебно-методического пособия является оказание помощи студентам в подготовке и выполнении лабораторной работы по дисциплине «Системы передачи информации в мобильных сетях», а также в получении ими теоретических знаний по построению радиорелейных систем и практических навыков по настройке и конфигурированию оборудования *Nokia FlexiHopper*.

УДК 621.396.43(076.5)
ББК 32.811.3я73

Учебно-методическое пособие рассмотрено и рекомендовано к изданию на заседании Ученого совета Института радиоэлектроники и интеллектуальных технических систем, протокол № 1 от 08 сентября 2023 г.

© Савочкин А. А., Тихвинский В. О., сост., 2024
© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2024

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Цель лабораторной работы	5
2. Теоретическая часть	5
2.1. Общие особенности реализации среднескоростных радиорелейных станций	5
2.2. Назначение и особенности микроволновых систем <i>Nokia</i>	5
2.3. Характеристика оборудования <i>Nokia FlexiHopper</i>	6
2.4. Особенности структурной реализации оборудования	14
3. Описание лабораторной установки	19
3.1. Характеристика аппаратной части лабораторной установки	19
3.2. Характеристика программных средств	20
4. Порядок выполнения лабораторной работы	22
5. Содержание отчета по лабораторной работе	31
6. Контрольные вопросы	32
6.1. Вопросы для допуска к выполнению лабораторной работы	32
6.2. Вопросы для защиты лабораторной работы	33
Библиографический список	34

ВВЕДЕНИЕ

Учебная дисциплина «Системы передачи информации в мобильных сетях» является одной из специальных дисциплин подготовки по программе магистратуры направления подготовки 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» и ориентирована на формирование у студентов компетенций в области теории и практики радиорелейных линий для передачи информации, используемых в мобильных сетях.

При выполнении лабораторной работы следует изучить теоретические сведения и выполнить экспериментальные исследования. Вариант задания определяется двумя последними цифрами номера зачетной книжки студента. Перечень литературы, необходимой для изучения, приведен в библиографическом списке. Содержание отчета по выполнению лабораторной работы приведено в п. 5 данного учебно-методического пособия.

При выполнении лабораторной работы студенту необходимо заполнить электронный протокол, в который следует занести результаты проводимых исследований. После выполнения лабораторной работы, в конце занятия, преподаватель проверяет электронный протокол. На основании материалов протокола студент оформляет отчет по лабораторной работе.

1. ЦЕЛЬ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Целью лабораторной работы является ознакомление студентов с принципами построения и работы радиорелейных систем путем экспериментального исследования радиорелейного оборудования *Nokia FlexiHopper*.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Общие особенности реализации среднескоростных радиорелейных станций

Цифровые радиорелейные линии (РРЛ) применяются в качестве региональных и местных систем связи и передачи данных, а также для связи между базовыми станциями сотовых систем связи.

Структура цифровой радиорелейной станции (РРС) состоит из двух функциональных частей: выносное оборудование (антенное устройство с элементами крепления, кабели, приемопередающие устройства) и внутреннее оборудование (модули доступа, мультиплексоры, источники питания). Приемопередающее устройство (ППУ) соединяется с внутренним оборудованием гибким волноводом — симметричным или коаксиальным кабелем, по которому передаются информационные потоки и подается электропитание.

2.2. Назначение и особенности микроволновых систем *Nokia*

Радиорелейные системы средней пропускной способности для связи «точка-точка» *Nokia* предназначены для организации работы сетей различного типа. Семейство микроволновых радиорелейных станций *Nokia FlexiHopper* разработано для увеличения емкости сети путем организации радиорелейного канала связи между базовой станцией мобильной сети и центром коммутации.

Оборудование *Nokia FlexiHopper* имеет различные варианты конфигурации, удовлетворяющие требованиям по дальности и скорости передачи данных. Это оборудование работает в частотных диапазонах 7, 8, 13, 15, 18, 23, 26 и 38 ГГц и обеспечивает скорость передачи данных потоков плезиохронной

иерархии от 2×2 до 16×2 Мбит/с, и подключение по интерфейсу *Ethernet* в локальной сети со скоростью до 32 Мбит/с.

2.3. Характеристика оборудования *Nokia FlexiHopper*

Несколько терминалов *Nokia FlexiHopper* могут быть интегрированы в один общий модуль доступа, что позволяет создать компактные сайты сети, а также эффективно распределить между терминалами ресурсы системы. Сетевой элемент одного сайта при использовании *Nokia FlexiHopper* состоит из внутреннего блока — *indoor unit (IU)* и наружного блока — *outdoor unit (OU)*. Блоки соединяются между собой только одним коаксиальным кабелем *Flexbus*, который может иметь длину до 300 метров [1].

Наружный блок *OU* имеет малые габариты: $0,21 \times 0,23 \times (0,12...0,21)$ м, массой 4,0...5,5 кг. Для всех частотных диапазонов используются одинаковые техническое решение. Единственной разницей в механических конструкциях наружных блоков является длина выходной части блока, содержащей антенный фильтр; чем ниже рабочая частота, тем больше длина фильтра и выходной части. Внешний вид блока показан на рис. 2.1.

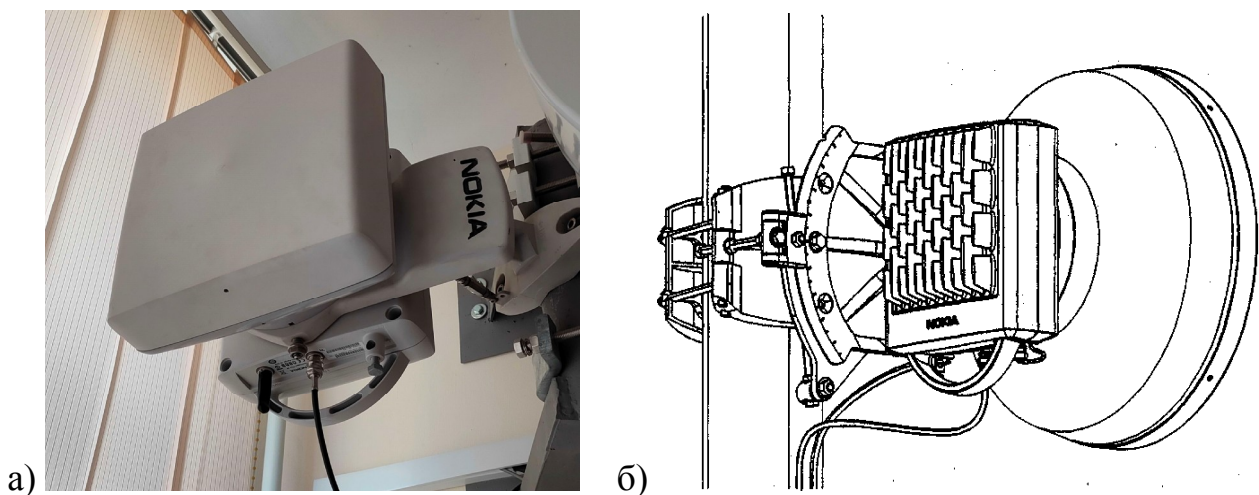


Рис. 2.1 — Внешний вид наружного блока диапазона 38 ГГц
с антенной 0,3 м (а) 0,6 м (б) и блоком ориентации

В приемопередающей части системы используется дифференциальная квадратурная фазовая манипуляция типа $\pi/4$ -DQPSK, характеризующаяся высокой эффективностью использования частотного спектра. Спектральная маска высокочастотного сигнала при передаче различного числа потоков показана на рис. 2.2.

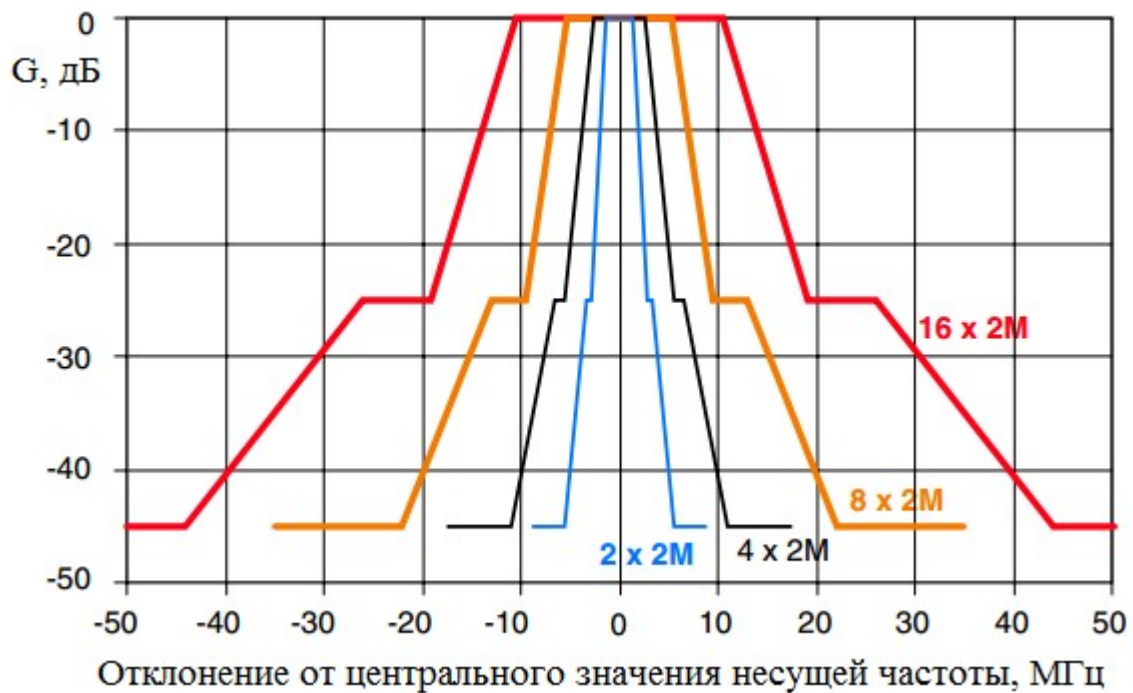


Рис. 2.2 — Спектральная маска высокочастотного сигнала

На рис. 2.3 приведено частотная диаграмма расположения частотных полос каналов приема и передачи. Характеристики частотного планирования в различных диапазонах представлены в табл. 2.2, и указаны в нормативных документах *International Telecommunication Union (ITU)*: (частотное смещение, количество частотных подканалов и ширина полосы частот подканала).

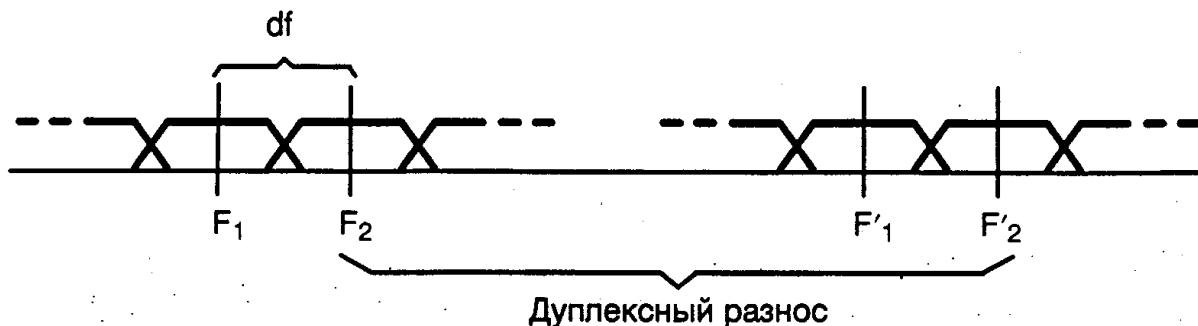


Рис. 2.3 — Частотная диаграмма расположения дуплексных частотных каналов передачи и приема

Таблица 2.2 — Характеристики частотных диапазонов РРЛ *FlexiHopper*

Тип наружного блока	ITU-R Rec.	Частотный диапазон, ГГц	Частотный дуплекс, МГц	Число поддиапазонов	Ширина поддиапазона, МГц
<i>Nokia FlexiHopper</i> 18	<i>F.595-6</i>	17,7 — 19,7	1010	4+4	270
<i>Nokia FlexiHopper</i> 23	<i>F.637-2</i>	21,2 — 23,6	1232	3+3	400
		22,0 — 23,6	1008	2+2	400
<i>Nokia FlexiHopper</i> 26	<i>F.748-3</i>	24,5 — 26,5	1008	3+3	350
<i>Nokia FlexiHopper</i> 38	<i>F.749-1</i>	37,0 — 39,5	1260	4+4	300

Детальные параметры вариантов частного планирования для РРЛ *FlexiHopper* в диапазоне 38 ГГц приведены в табл. 2.3 для четырех вариантов частотных поддиапазонов.

Таблица 2.3 — Варианты частного планирования для РРЛ *FlexiHopper* в диапазоне 38 ГГц

Подканалы	Емкость 2×2 Мбит/с		Емкость 4×2 Мбит/с		Емкость 8×2 Мбит/с		Емкость 16×2 Мбит/с	
	НЧ канал, МГц	ВЧ канал, МГц	НЧ канал, МГц	ВЧ канал, МГц	НЧ канал, МГц	ВЧ канал, МГц	НЧ канал, МГц	ВЧ канал, МГц
Частотное смещение дуплекса для подканалов <i>A-D</i> и <i>A'-D'</i> — 1260 МГц								
<i>A</i>	37059,75	37346,25	37059,75	37344,50	37059,75	37341,00	37062,00	37334,00
<i>B</i>	37329,75	37626,25	37331,50	37624,50	37335,00	37621,00	37342,00	37614,00
<i>C</i>	37609,75	37906,25	37611,50	37904,50	37615,00	37901,00	37622,00	37894,00
<i>D</i>	37889,75	38176,25	37891,50	38176,25	37895,00	38176,25	37902,00	38174,00
<i>A'</i>	38319,75	38606,25	38319,75	38604,50	38319,75	38601,00	38322,00	38594,00
<i>B'</i>	38586,75	38886,25	38591,50	38884,50	38595,00	38881,00	38602,00	38874,00
<i>C'</i>	38869,75	39166,25	38871,50	39164,50	38875,00	39161,00	38882,00	39434,00
<i>D'</i>	39149,75	39436,25	39151,50	39436,25	39155,00	39436,25	39162,00	39434,00

Максимальная уровень выходной мощности наружного блока *OU* составляет 16...20 дБм (в зависимости от частотного диапазона). Значение выходной мощности может настраиваться дистанционно с помощью программного обеспечения диспетчера узла.

Антенна наружного блока радиорелейной станции *FlexiHopper* может быть встроенной (как показано на рис. 2.1) или внешней. Встроенные низкопрофильные антенны выпускаются двух типоразмеров: диаметром 0,3 и 0,6 м. Внешние антенны выпускаются четырех типоразмеров: диаметром 0,3; 0,6; 1,2 и 1,8 м.

Поляризацию антенны (горизонтальную или вертикальную) можно изменять, поворачивая наружный блок и антенный фидер на 90° .

Компания *Nokia* выпускает четыре варианта внутренних блока *IU*. Важно, что для всех частотных диапазонов используются одинаковые внутренние блоки. Один внутренний блок *IU* может поддерживать два наружных блока *OU*. Существует комплект внутреннего оборудования *FIU 19* к которому можно подключить до четырех наружных блоков. Внешний вид комплекта *FIU 19* показан на рис. 2.4.

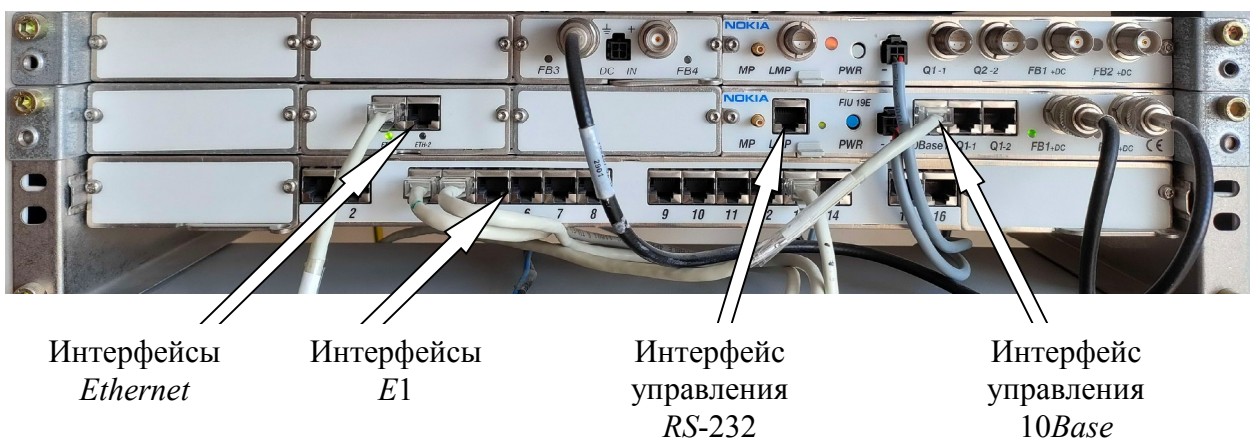


Рис. 2.4 — Внешний вид комплекта оборудования *FIU 19*

Схемы конфигураций станций без резервирования с помощью комплекта оборудования *FIU 19* изображены на рис. 2.5., а схемы конфигураций при использовании резервирования — на рис. 2.6.

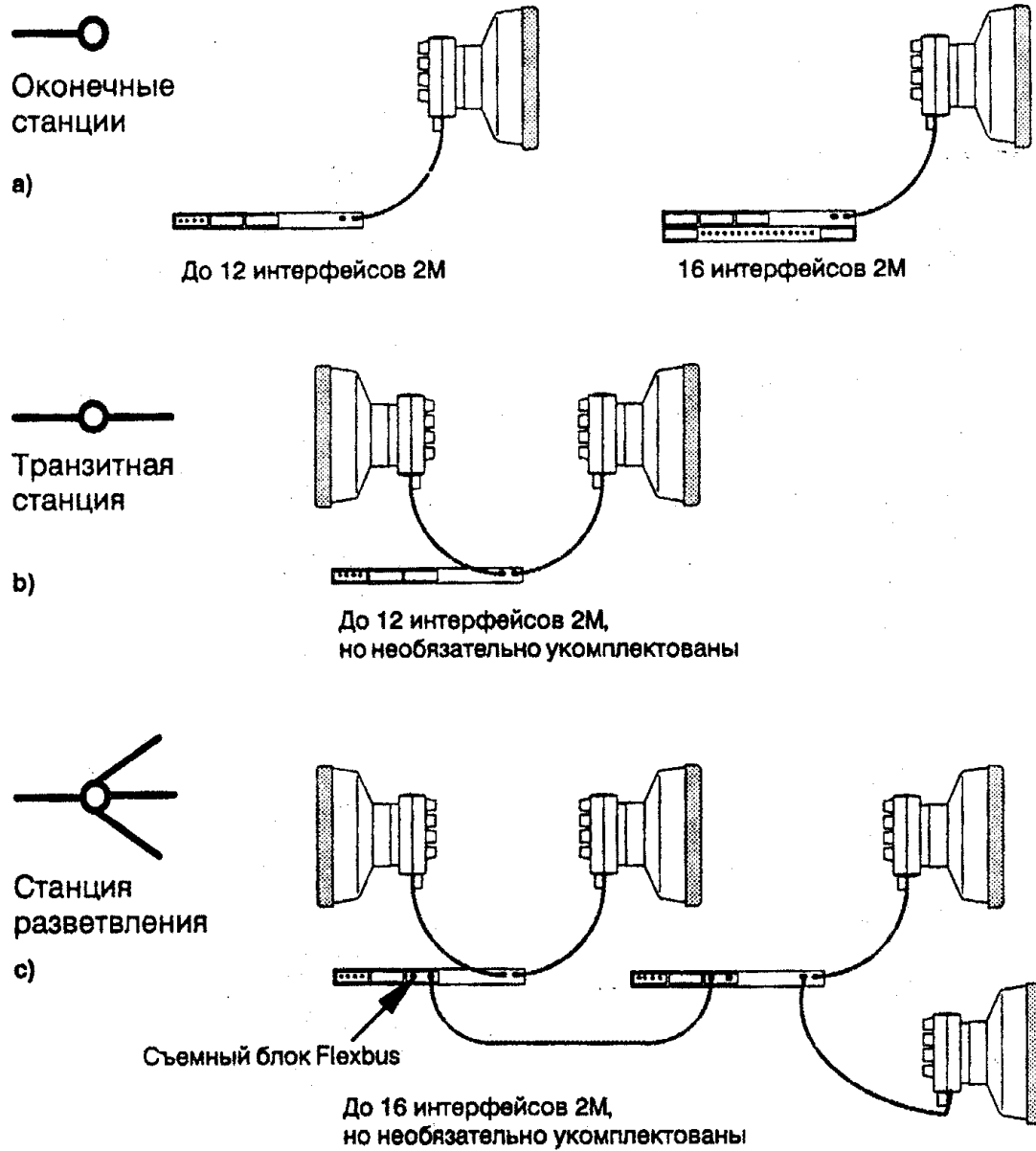


Рис. 2.5 — Конфигурации станций без резервирования на основе комплекта внутреннего оборудования *FIU 19*

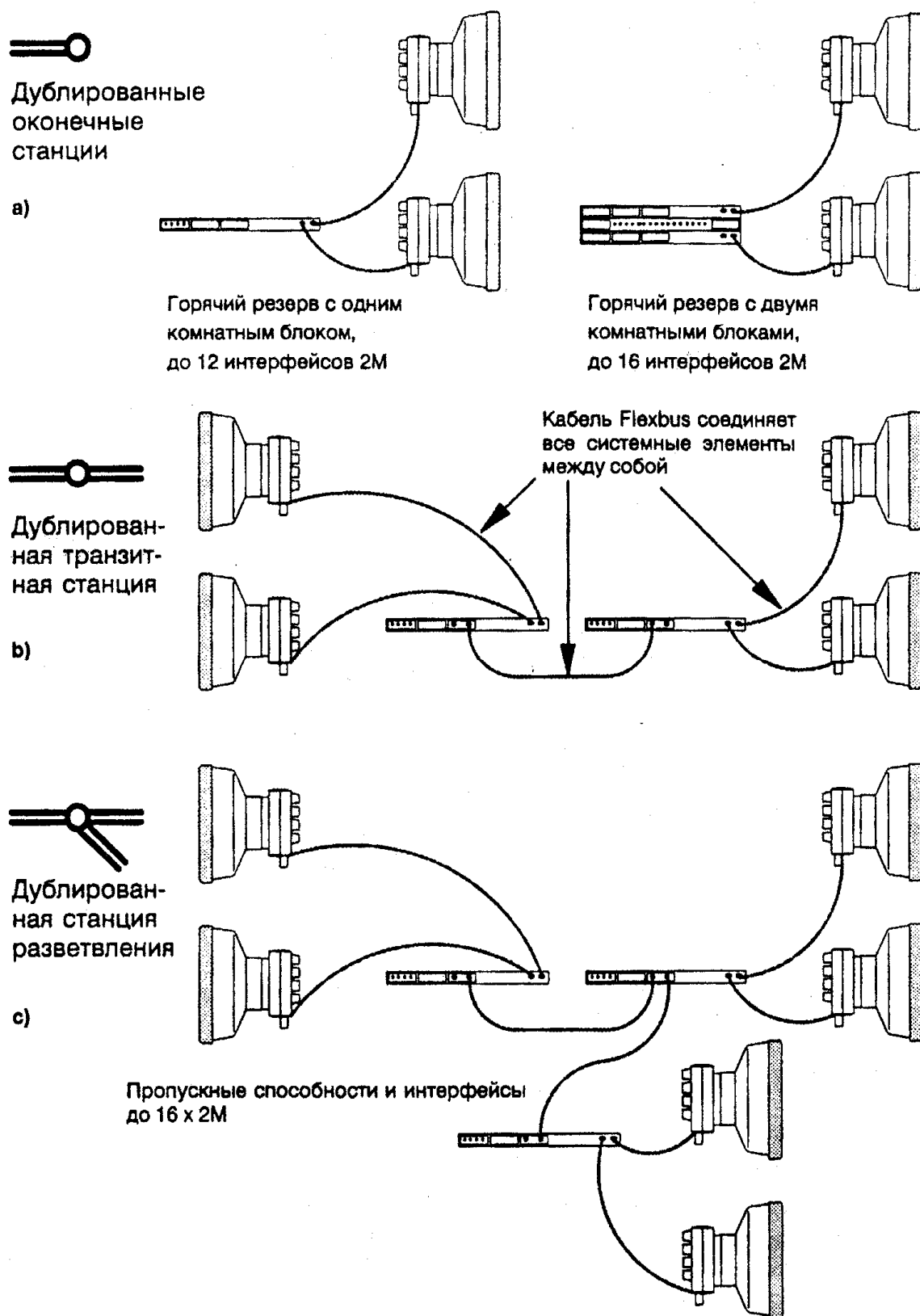


Рис. 2.6 — Конфигурации станций с резервированием на основе комплекта внутреннего оборудования *FIU 19*

Блоки *FIU 19* имеют высоту $2/3 U = 29$ мм, где U — конструктивный стандарт для стativa 19 дюймов ($U = 44,45$ мм.). Требуемое монтажное место в стандартном стative 19 дюймов зависит от конфигурации системы. Широкое разнообразие конфигураций станций может быть реализовано с использованием минимального монтажного места в стative 19 дюймов. На рис. 2.7 показаны структурные схемы станционных соединений без резервирования на основе комплекта оборудования *FIU 19*.

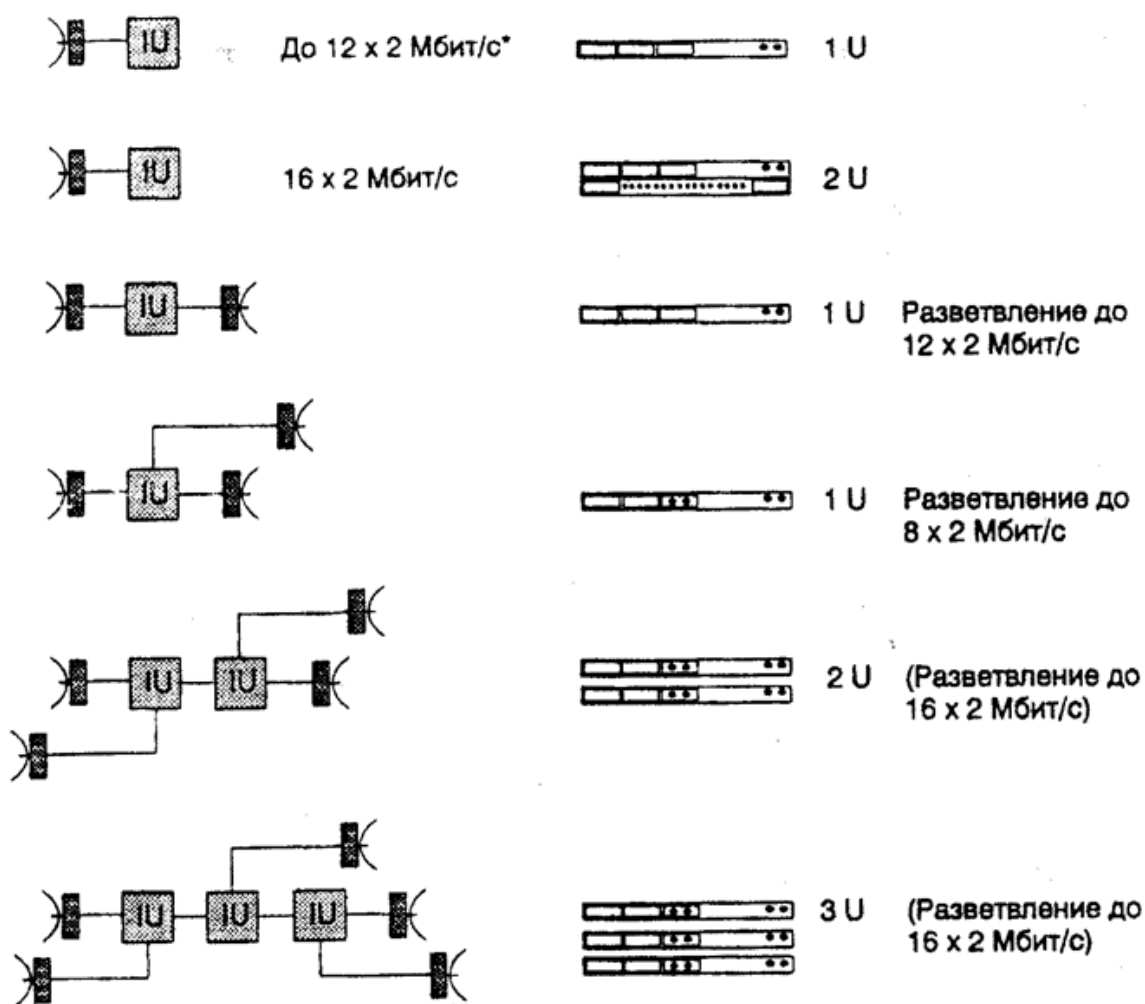


Рис. 2.7 — Структурные схемы станционных соединений без резервирования на основе комплекта внутреннего оборудования *FIU 19*

На рис. 2.8 показаны структурные схемы станционных соединений с резервированием на основе комплекта внутреннего оборудования *FIU 19*.

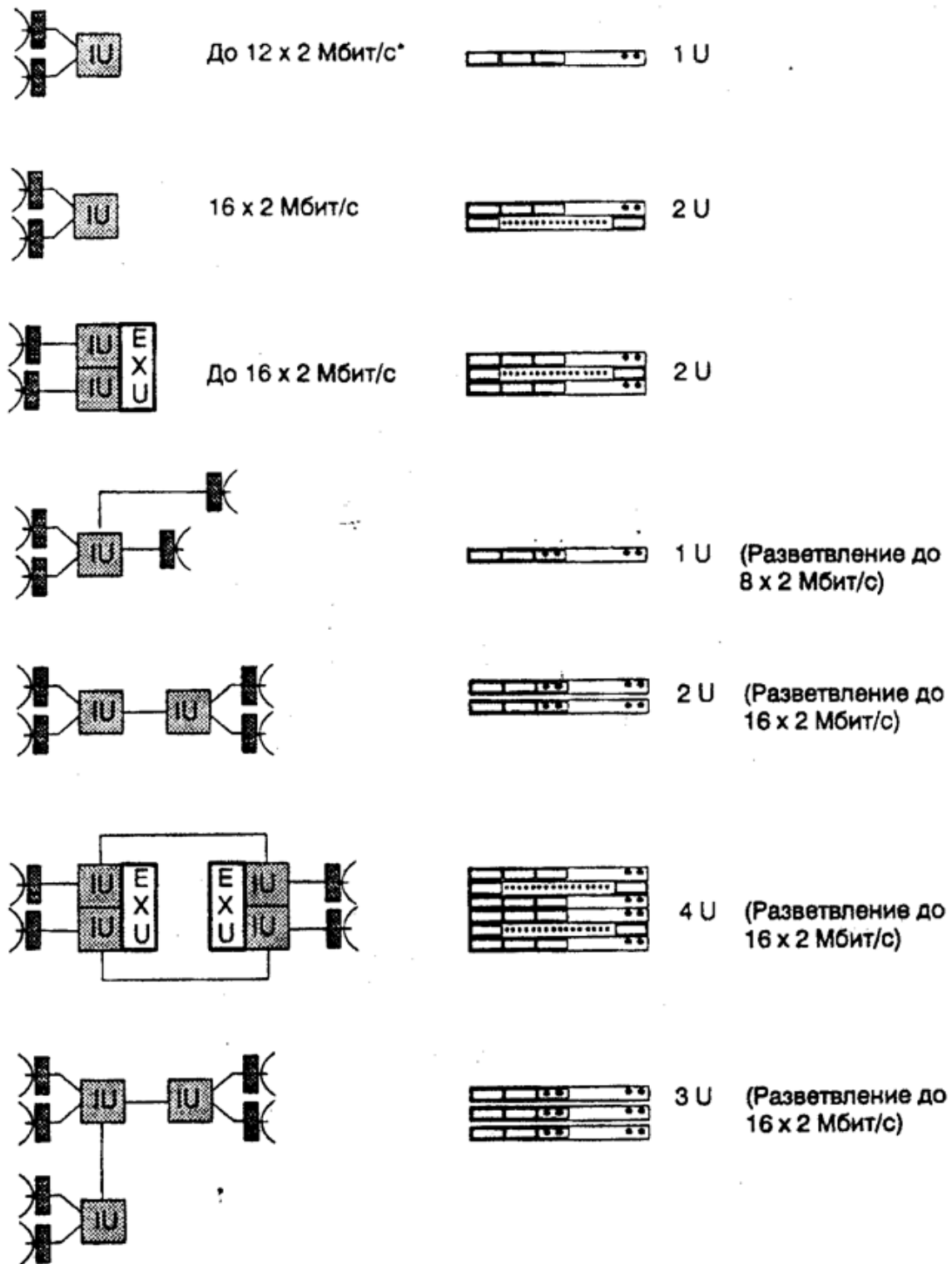


Рис. 2.8 — Структурные схемы станционных соединений с резервированием на основе комплекта внутреннего оборудования *FIU 19*

Мощность, потребляемая обычной комбинацией оборудования из внутреннего и наружного блоков, не превышает 35 Вт.

Двухнаправленный кабельный интерфейс *Flexbus* используется для обмена информационными и управляющими сигналами между элементами системы (*IU* и *OU*). По кабелю интерфейса *Flexbus* подается также электропитание к наружному блоку *OU*. Структурная схема соединения блоков системы показана на рис. 2.9.

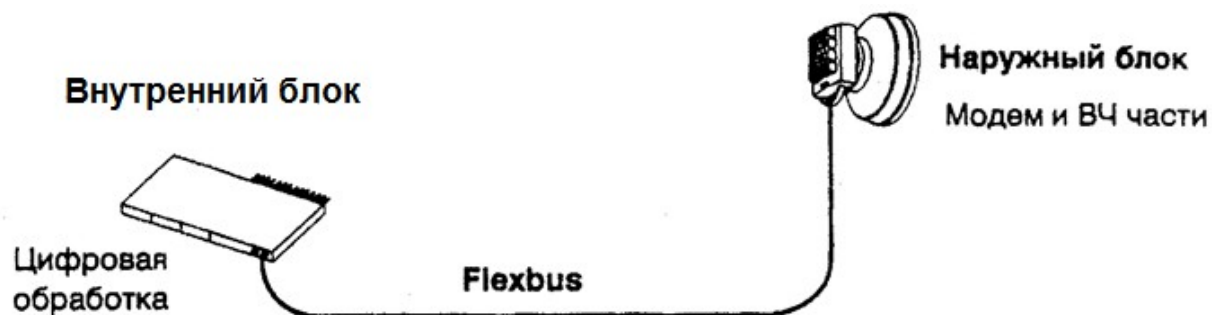
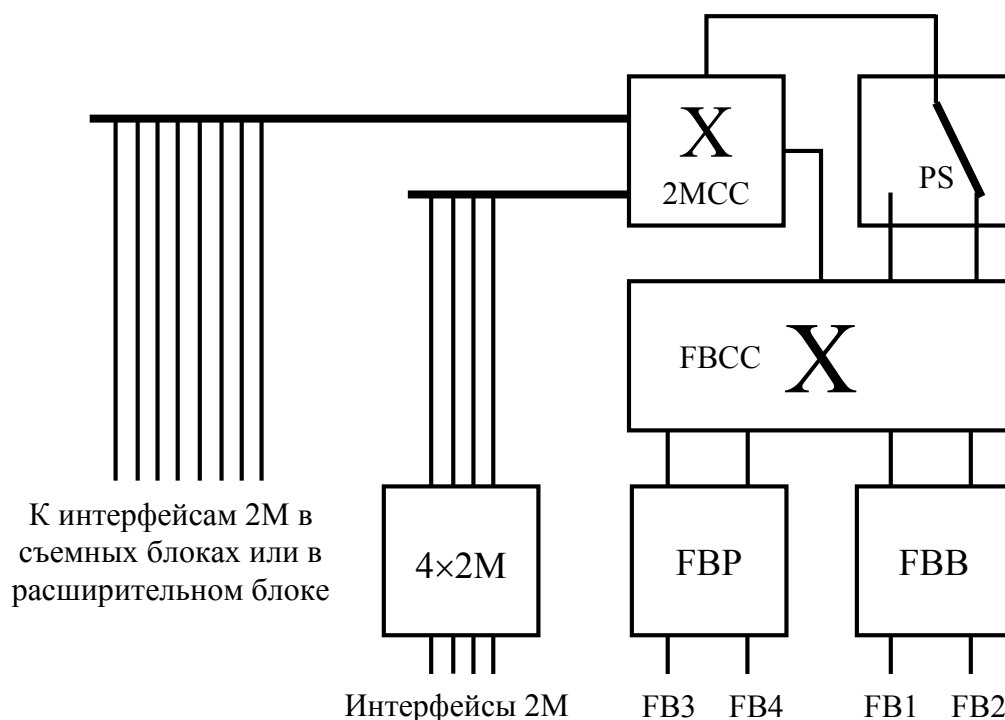


Рис. 2.9 — Структурная схема соединения блоков *Nokia FlexiHopper*

2.4. Особенности структурной реализации оборудования

Комплект внутреннего оборудования *FIU 19* представляет собой комнатный блок, предназначенный для установки в стойку стандарта 19 дюймов. Комплект *FIU 19* может поддерживать до четырех наружных блоков. Комплект *FIU 19* может обслуживать два наружных блока, подключенных через кабельные соединения *Flexbus*. При использовании более чем двух наружных блоков, необходимо применить съемный блок *Flexbus* с дополнительным источником питания. При использовании четырех наружных блоков один из трактов передачи должен работать в режиме с резервированием. Таким образом, комплект внутреннего оборудования *FIU 19* может обслуживать не более трех различных направлений.

Маршруты прохождения сигналов 2 Мбит/с и *Flexbus* в блоке *FIU 19* показаны на структурной схеме рис. 2.10. Структура блока содержит все необходимые для обработки и коммутации элементы, в том числе блок — матрицу перекрестных соединений для потоков *E1*.



2MCC — блок кросс-соединений 2 Мбит/с; FBCC — блок кросс-соединение *Flexbus*; PS — блок защитного переключения; FBB — блок *Flexbus*; FB1, FB2 — интерфейсы *Flexbus* в главном блоке; 4×2М — съемный блок 4 × 2М; FBP — съемный блок *Flexbus*; FB3, FB4 — интерфейсы *Flexbus* в съемном блоке

Рис. 2.10 — Структурная схема комплекта внутреннего оборудования *FIU 19*

Блок матрицы перекрестных соединений обеспечивает формирование потоков в требуемых направлениях работы сети. Для примера на рис. 2.11 показана структурная схема системы мультиплексирования потоков плезиохронной иерархии *PDH*, а на рис. 2.12 — структурная схема системы мультиплексирования, реализованный средствами *FlexiHopper*.

Настройка режима коммутации каналов осуществляется средствами программы обслуживания *Nokia Hopper Manager*.

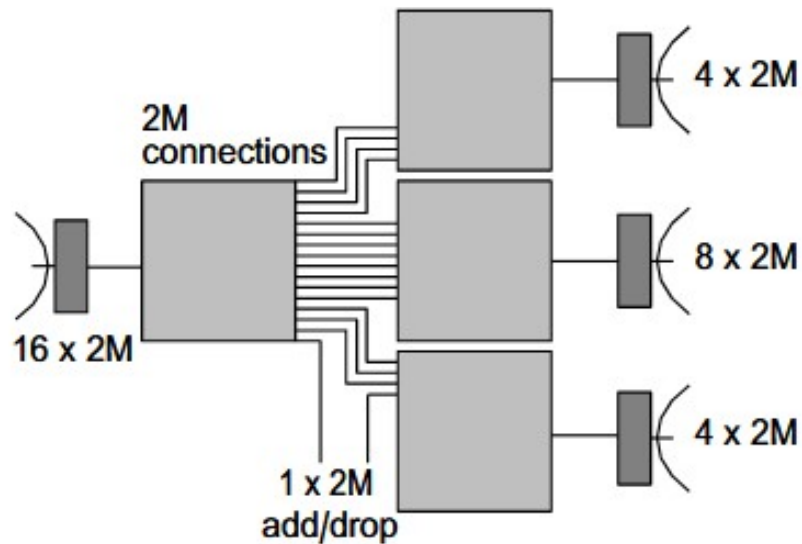


Рис. 2.11 — Структурная схема системы коммутации каналов *PDH*

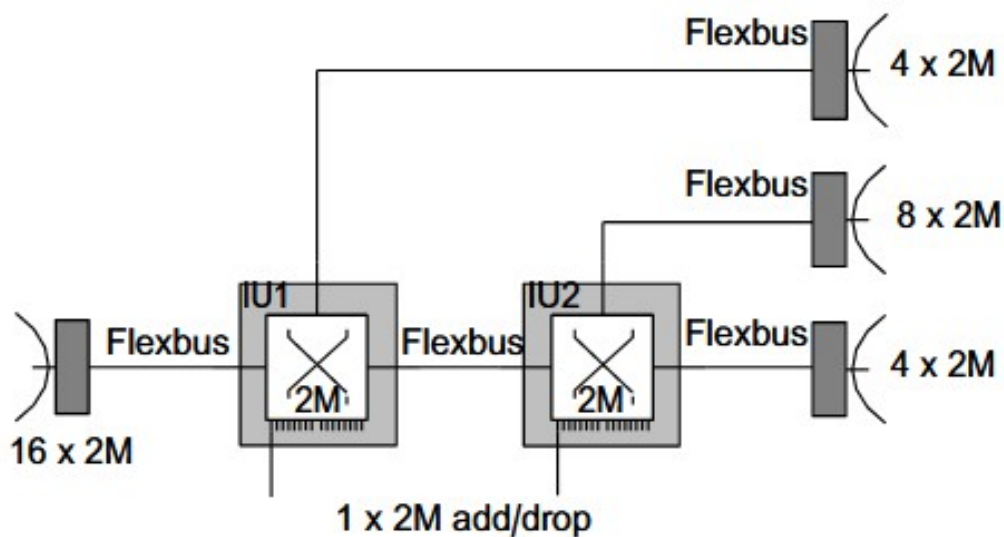


Рис. 2.12 — Структурная схема системы матричной коммутации каналов *PDH*

Функциональная схема наружного блока *OU* изображена на рис. 2.13. В состав схемы входят:

- *power supply unit (PSU)* — блок питания;
- *modem board* — модуль модема;
- *intermediate frequency unit (IFU)* — блок промежуточной частоты (ПЧ);
- *microwave unit (MWU)* — микроволновый блок;
- *duplex filter* — фильтр разделения каналов приема и передачи.

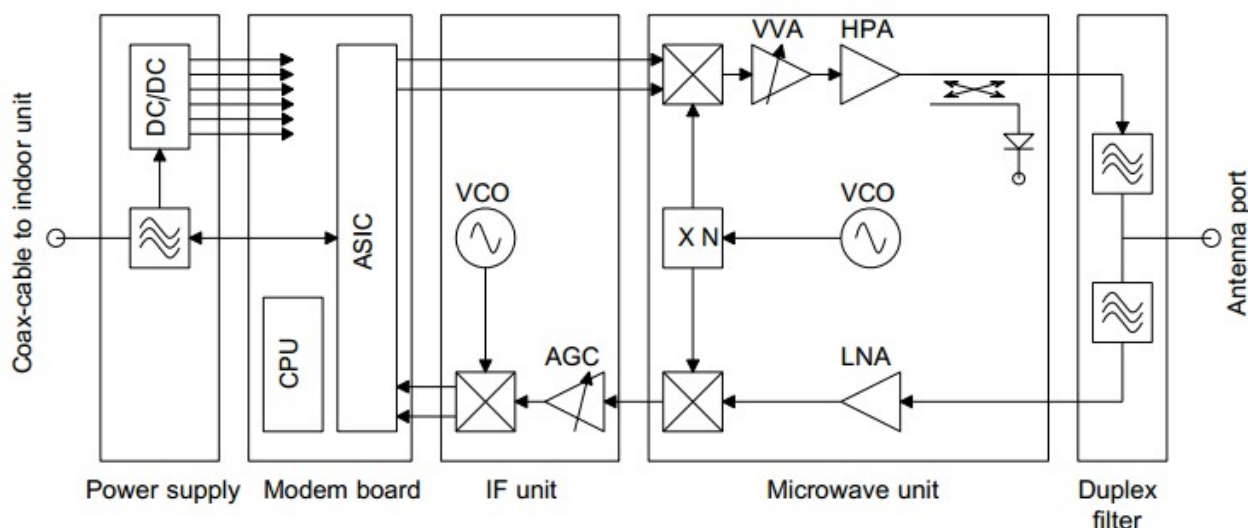


Рис. 2.13 — Функциональная схема наружного блока *OU*

Для подключения наружного блока к внутреннему блоку используется один коаксиальный кабель, по которому передаются сигналы основной полосы частот между внутренним и наружным блоками в полнодуплексном режиме, а также обеспечивается подача напряжения питания для наружного блока. Кабель подключается к устройству, в котором информационные сигналы фильтруются и передаются в модем. Необходимые напряжения питания вырабатываются блоком питания и подаются в другие устройства через плату модема.

В отличие от традиционных конструкций наружных блоков, конструктивно модем расположен в наружном блоке, что позволяет использовать более совершенные контуры управления между модемом и радиочастотными блоками.

Основным компонентом модуля модема является интегральная схема — *application-specific integrated circuit (ASIC)*, которая содержит цифровой модулятор и демодулятор с прямой коррекцией ошибок Рида-Соломона.

Интерфейс между модулем модема и радиочастотной частью обеспечивает передачу аналоговых квадратурных сигналов I и Q . Модуль модема также включает в себя встроенный микропроцессор, который используется для управления элементами наружного и внутреннего блоков.

Функции формирования и преобразования радиосигналов разделены между двумя блоками: блоком ПЧ *IFU* и микроволновым блоком *MWU*. В передатчике реализована схема прямого преобразования, позволяющая использовать

один высокочастотный гетеродин. Поскольку повышающий преобразователь ввода-вывода работает на фиксированной частоте, для коррекции амплитудных и фазовых ошибок в модуляторе используется цифровой контур обратной связи. После повышающего преобразования частоты сигнал усиливается до необходимого уровня мощности.

Датчик мощности с температурной компенсацией используется для контроля уровня мощности после высокочастотного усилителя мощности (*high frequency power amplifier, HPA*) и управления аттенуатором переменного напряжения (*voltage variable attenuator, VVA*).

В приемнике радиосигналов используется схема с однократным преобразованием частоты. После малошумящего усилителя (*low-noise amplifier, LNA*) принятый сигнал преобразуется с понижением частоты. Автоматическая регулировка усиления (*automatic gain control, AGC*) с динамическим диапазоном около 100 дБ используется для получения постоянного уровня мощности на входе *I/Q*-демодулятора. Наружный блок содержит два отдельных контура генератора с фазовой синхронизацией. В микроволновом блоке *MWU* основная частота генератора (*voltage-controlled oscillator, VCO*) умножается для получения сигнала с низким уровнем фазового шума для преобразователей вверх и вниз в каналах приема и передачи соответственно. Из-за использования общего гетеродина *VCO* в каналах приема и передачи промежуточная частота (*intermediate frequency, IF*) равна дуплексному разнесу (см. рис. 2.3).

Для разделения каналов приема и передачи в схема используется волноводный дуплексный фильтр.

3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

3.1. Характеристика аппаратной части лабораторной установки

Лабораторная работа выполняется с использованием стенда, содержащего оборудование *Nokia FlexiHopper*, которое обеспечивает работу одного пролета типа «точка-точка». В состав стенда входят радиоблоки, предназначенные для работы в диапазоне частот от 37,0 до 39,5 ГГц.

Упрощенная структурная схема лабораторной установки изображена на рис. 3.1. Источником и потребителем цифрового потока плезиохронной иерархии *E1* для РРС является система уплотнения 30-ти телефонных каналов с импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ-30).

Исследование выполняется с использованием персональных компьютеров (ПК), подключенных к оборудованию РРЛ *Nokia* с использованием интерфейсов *Ethernet* для управления оборудованием и для передачи информации в пределах сети.

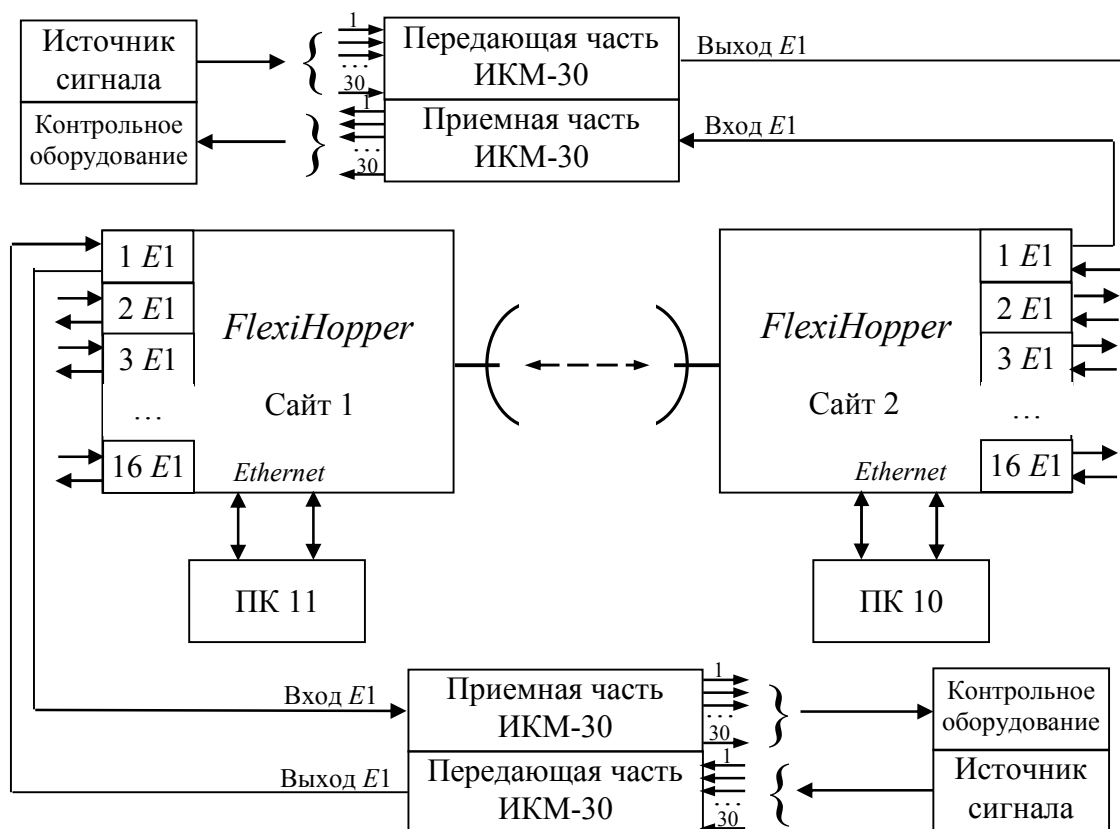


Рис. 3.1 — Структурная схема лабораторной установки

3.2. Характеристика программных средств

Для конфигурирования и контроля работы оборудования РРЛ используется менеджер обслуживания *Nokia Hopper Manager (NHM)*. Использование программного обеспечения (ПО) *NHM* позволяет получить удобный доступ к настройке параметров оборудования РРЛ.

Основное окно ПО *NHM* показано на рис. 3.2. Меню программы содержит пункты: «*Configure*», «*Cross-connections*», «*Alarms*» и др.

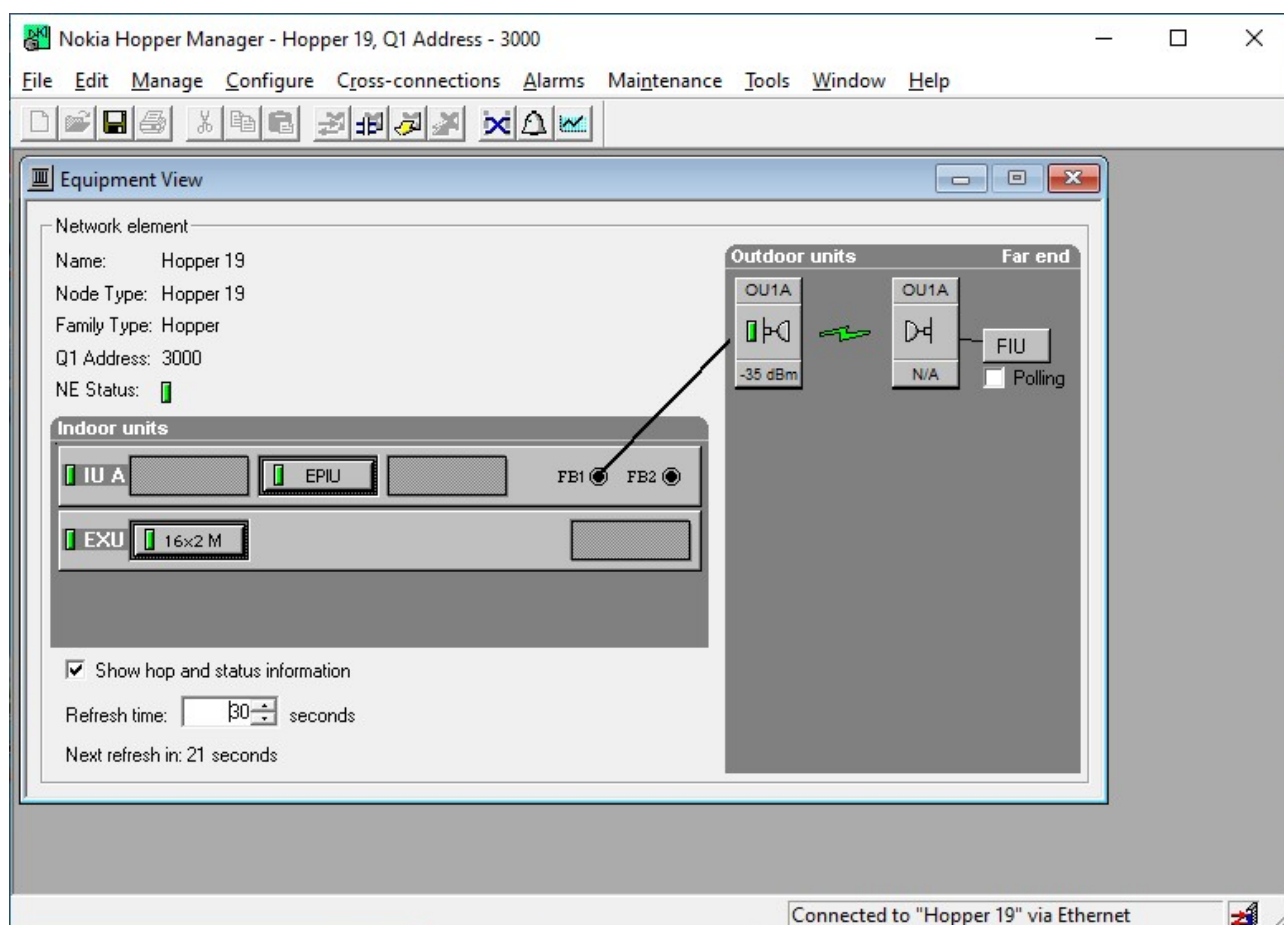


Рис. 3.2 — Вид основного окна ПО *Nokia Hopper Manager*

При помощи программы *NHM* может выполнить:

- ввод нового узла в эксплуатацию;
- изменение конфигурации нового или ранее сконфигурированного узла;
- создание кросс-соединений потоков *E1*;
- локализацию неисправностей узлов;
- контроль за состоянием узлов и контроль качества сигнала.

Программа *NHM* может подключаться к узлу *Nokia RexiHopper* двумя способами: через местный порт управления (*LMP*) посредством последовательного интерфейса *RS-232* или дистанционно через соединение «*Nokia Q1*» при подключении через *Ethernet* интерфейс (см. рис. 2.4).

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

4.1. Лабораторная работа выполняется в соответствии с вариантом, который определяется последней цифрой зачетной книжки студента. Номер варианта для выполнения выбирается один для обоих пунктов (сайтов) РРС. Исходные данные для выполнения работы приведены в табл. 4.1.

В табл. 4.1 указана частота работы передающей части для одного сайта системы, частота работы другого сайта определяется с помощью плана распределения частот, который приведен в табл. 2.3. На первом этапе работы необходимо определить частотный план выполнения экспериментальных исследований. Допускается определение парной частоты и экспериментально в процессе выполнения лабораторной работы.

Таблица 4.1 — Исходные данные для выполнения экспериментальных исследований

Номер варианта	Частота передачи, кГц		Режим модуляции	Сторона запуска сервера ПО Jperf и IP адрес
	Сайт 1	Сайт 2		
1	—	39 162 000	4-state	Sait 1
2	37 929 250	—	16-state	Sait 1
3	—	39 216 400	4-state	Sait 2
4	37 983 600	—	16-state	Sait 1
5	—	39 270 800	4-state	Sait 1
6	38 038 000	—	16-state	Sait 2
7	—	39 325 250	4-state	Sait 2
8	38 092 400	—	16-state	Sait 1
9	—	39 379 600	4-state	Sait 2
0	38 146 800	—	16-state	Sait 2

4.2. Запустить программу менеджер обслуживания *NHM*. Для подключения к оборудованию РРЛ следует в меню «*Manage*» выбрать пункт «*Connect...*», а затем в окне «*Nokia Connection Tool - Connect To Node*» в блоке «*Q1 Node*» для параметра «*Q1 Address*» указать 1. После чего нажать кнопку «*Connect*». Вид окна подключения показан на рис. 4.1.

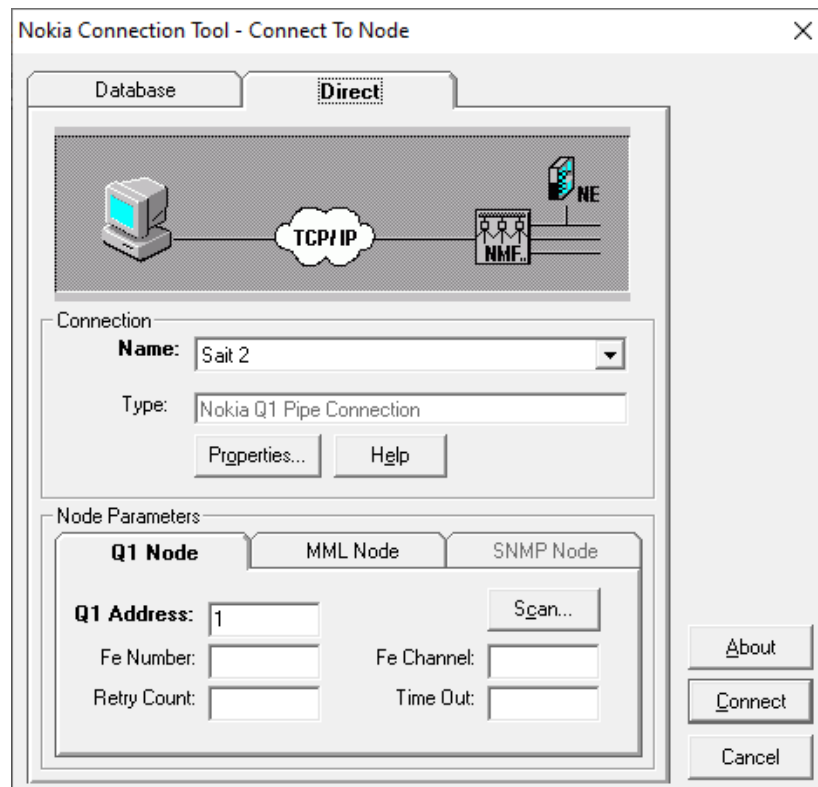


Рис. 4.1 — Вид окна ввода адресной информации в окне подключения

Примечание. При соединении с оборудованием РРЛ возможно появление предупреждающего сообщения, показанного на рис. 4.2, при появлении которого не следует выполнять дополнительных действий.



Рис. 4.2 — Вид окна предупреждающего сообщения

4.3. Определить особенности работы оборудования пролета РРЛ. Убедиться в отсутствии аварийных сообщений (на примере рис. 3.2 аварийные сообщения отсутствуют и соединение между сайтами РРЛ показано знаком ). Определить и сохранить в протокол значения уровней сигналов на входах приемных устройств. Сделать копию основного экрана, используя нажатие клавиш *Alt—PrintScreen*, и сохранить в файл протокола выполнения лабораторной работы. Исследование следует выполнять для двух сайтов системы.

4.4. Выполнить контроль основных настроек оборудования. Для этого в меню «*Configure*» (рис. 3.2) выбрать пункт «*Settings...*», и затем последовательно вызвать окна параметров:

- SLOT1A: EPIU, EPIU — для интерфейса *Ethernet*;
- OU1A: FlexiHopper, FlexiHopper — для радиоблока.

В окне «*Select Object*» следует выделить необходимый пункт и нажать кнопку «*Modify...*», как показано на рис. 4.3. Результаты работы сохранить в протоколе по выполнению лабораторной работы.

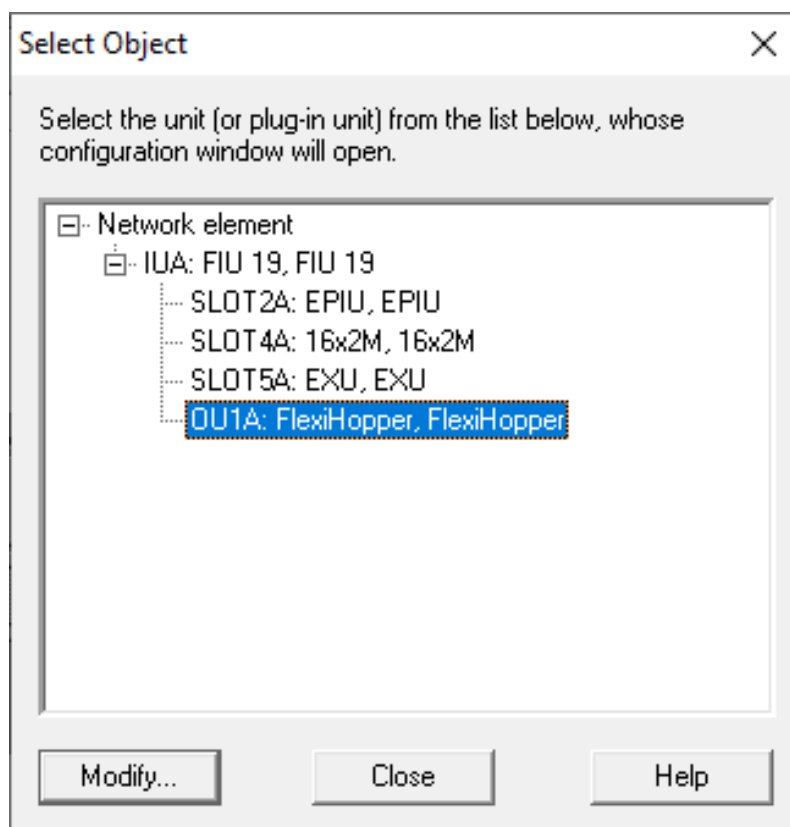


Рис. 4.3 — Вид окна выбора режима настройки параметров

Пункты 4.3 и 4.4 следует выполнить для обеих сторон РРЛ, для чего выполнить подключение к обоим комплектам оборудования на стороне «Sait 1» и стороне «Sait 2».

4.5. Выполнить настройку радиоблока в соответствии с заданием по варианту (см. табл. 4.1.). Настройка производится в окне «OU1A: *FlexiHopper*, *FlexiHopper*», вид которого показан на рис. 4.4. Настройку следует производить для двух сайтов, поэтапно. На первом этапе установить частоту, убедиться в работоспособности системы по наличию индикации уровня сигнала на приемном оборудовании основного окна системы, см. рис. 3.2, и затем перейти к изменению режима модуляции.

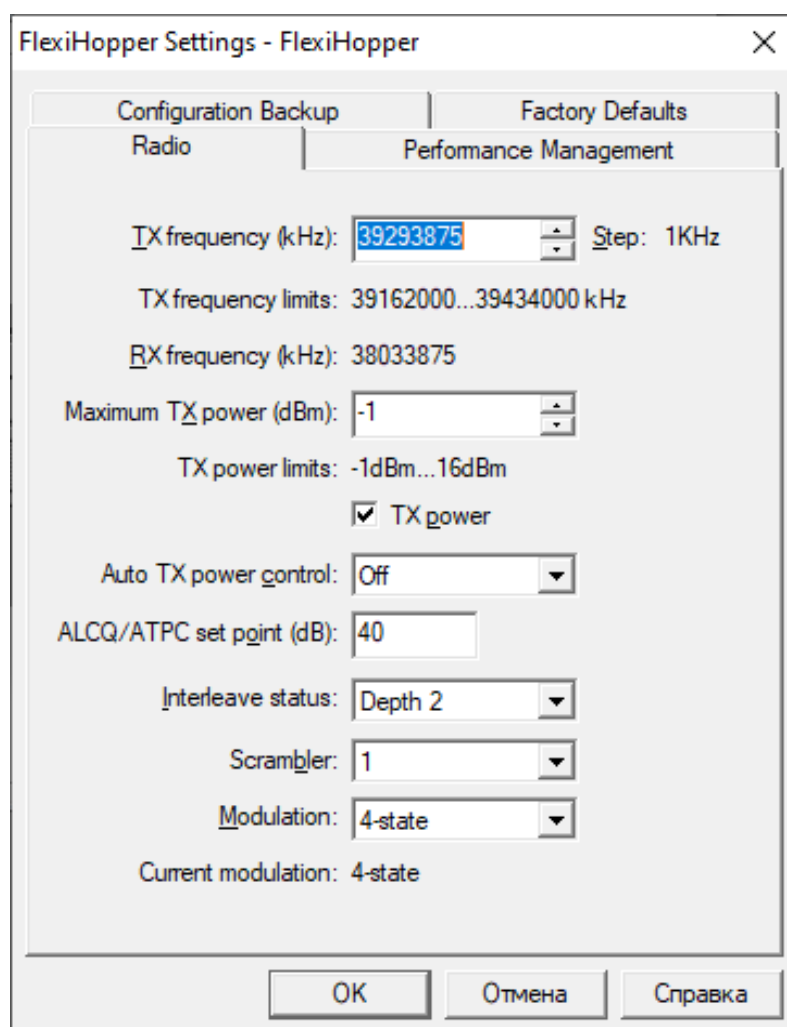


Рис. 4.4 — Вид окна настройки параметров радиointерфеса

После выполнения настройки частоты установить уровень максимальной мощности (Maximum TX power) на минимальное значение $-2 \dots -1$ дБм.

По итогам выполнения настройки определить и сохранить в протокол значения уровней сигнала на входе приемных устройств местного и удаленного сайта, использовать копии экрана и окна настройки частотных параметров.

4.6. Проверить работу локальной сети, используя команду *ping*, и запуская ее в консоли *cmd*. При проведении проверки следует учесть, что ПК, подключённый на стороне «*Sait 1*», имеет *IP* адрес 192.168.15.11, а ПК, подключённый на стороне «*Sait 2*», имеет *IP* адрес 192.168.15.10.

4.7. Установить режим работы интерфейса *Ethernet*. Для этого в закладке «*Operation Mode*» окна «*EPIU Settings - SLOT2A, EPIU*» выбрать режим «*mode*» — «*Channel separation*». Вид окна установки параметров пропускной способности интерфейса *Ethernet* показан на рис. 4.5.

Определить пропускную способность интерфейса *Ethernet* при выполненных настройках интерфейса. Для этого использовать кроссплатформенное ПО *Jperf* [2]. Ярлык для запуска ПО расположен на рабочем столе ПК. Запуск следует выполнить для обоих сайтов системы.

Выбор сайта РРЛ для запуска режима «Сервер» и «Клиент» выполняется в соответствии с вариантом задания (см. табл. 4.1). Режим «Сервер» устанавливается, как показано на рис. 4.6, а режим «Клиент», как показано на рис. 4.7.

При конфигурировании режима работы ПО следует учесть установленный *IP* адрес ПК.

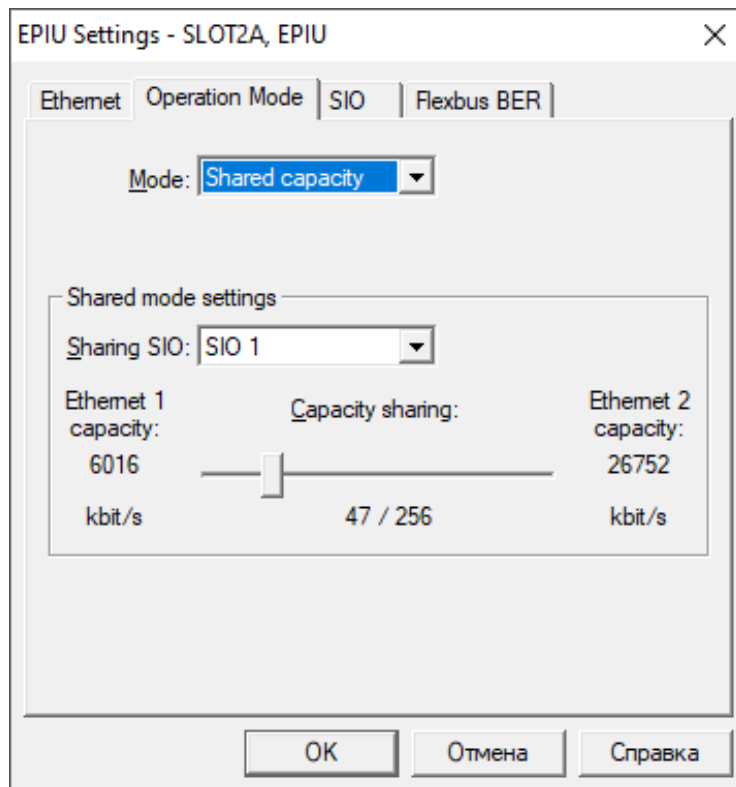


Рис. 4.5 — Вид окна установки параметров пропускной способности интерфейса *Ethernet*

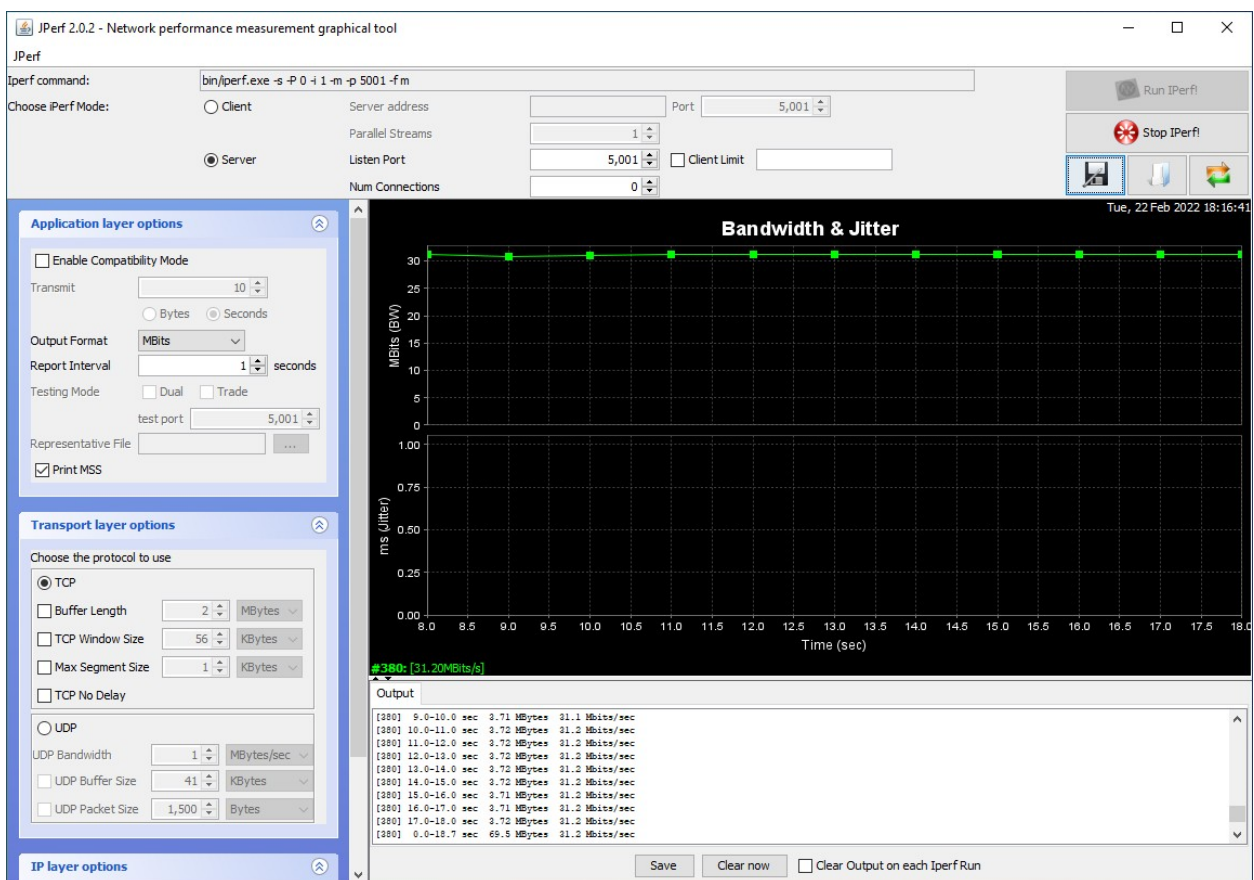


Рис. 4.6 — Вид окна настройки ПО *Jperf* в режиме «Сервер»

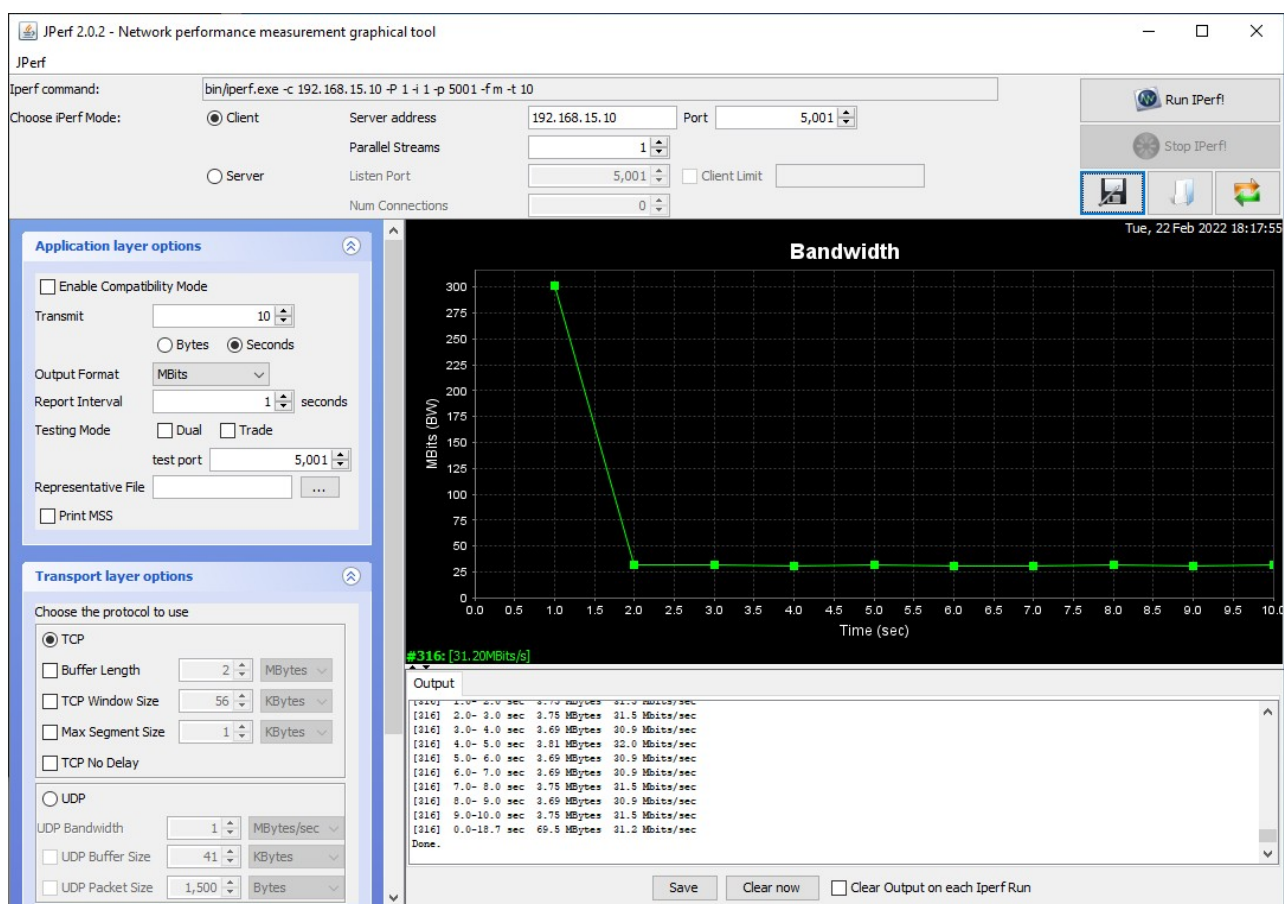


Рис. 4.7 — Вид окна настройки ПО *Jperf* в режиме «Клиент»

Результаты эксперимента сохранить в протоколе по выполнению лабораторной работы. При необходимости повторить измерения несколько раз.

4.8. Выполнить тестирование пропускной способности интерфейса *Ethernet* в режиме разделения пропускной способности. Для этого в закладке «*Operation Mode*» окна «EPIU Settings - SLOT2A, EPIU» выбрать режим «Mode» — «Shared capacity». Последовательно установить режим разделения «Capacity sharing»: 32, 64, 128 и 256 дискретов. Результаты измерений сохранить в протоколе. Вид окна установки параметров пропускной способности интерфейса *Ethernet* показан на рис. 4.5.

Результаты работы сохранить в таблице по форме табл. 4.2.

Таблица 4.2 — Форма представления результатов эксперимента по исследованию пропускной способности интерфейса *Ethernet*

Установленный режим	<i>Channel separation</i>	<i>Shared capacity</i>			
Параметр « <i>Capacity sharing</i> »	—	32	64	128	256
Пропускная способность по данным «Сервер», Мбит/с					
Пропускная способность по данным «Клиент», Мбит/с					
Среднее значение					

4.9. Выполнить конфигурирование коммутатора потоков *PDH* в соответствии с заданием, приведенным в табл. 4.3. Конфигурирование выполнить только на одной стороне системы, указанной в задании.

Для установки схемы кросс-коммутации выбрать в основном меню «*Cross-connections*» пункт «*View cross-connections*» и выполнить конфигурирование используя окно, показанное на рис. 4.8.

Таблица 4.3 — Исходные данные по коммутации потоков *PDH*

Номер варианта	Входные потоки 16x2M	Потоки на внутренней шине IUA FB2	Сторона конфигурирования коммутации
1	1...16	1...8, 16-9	<i>Sait 1</i>
2	1...8, 16-9	1...16	<i>Sait 1</i>
3	1...16	1...10, 16...11	<i>Sait 2</i>
4	1...10, 16...11	1...16	<i>Sait 1</i>
5	1...16	16...1	<i>Sait 1</i>
6	16...1	1...16	<i>Sait 2</i>
7	1...16	16...10, 9...1	<i>Sait 2</i>
8	16...10, 9...1	1...16	<i>Sait 1</i>
9	1...16	1...4, 16...5	<i>Sait 2</i>
0	1...4, 16...5	1...16	<i>Sait 2</i>

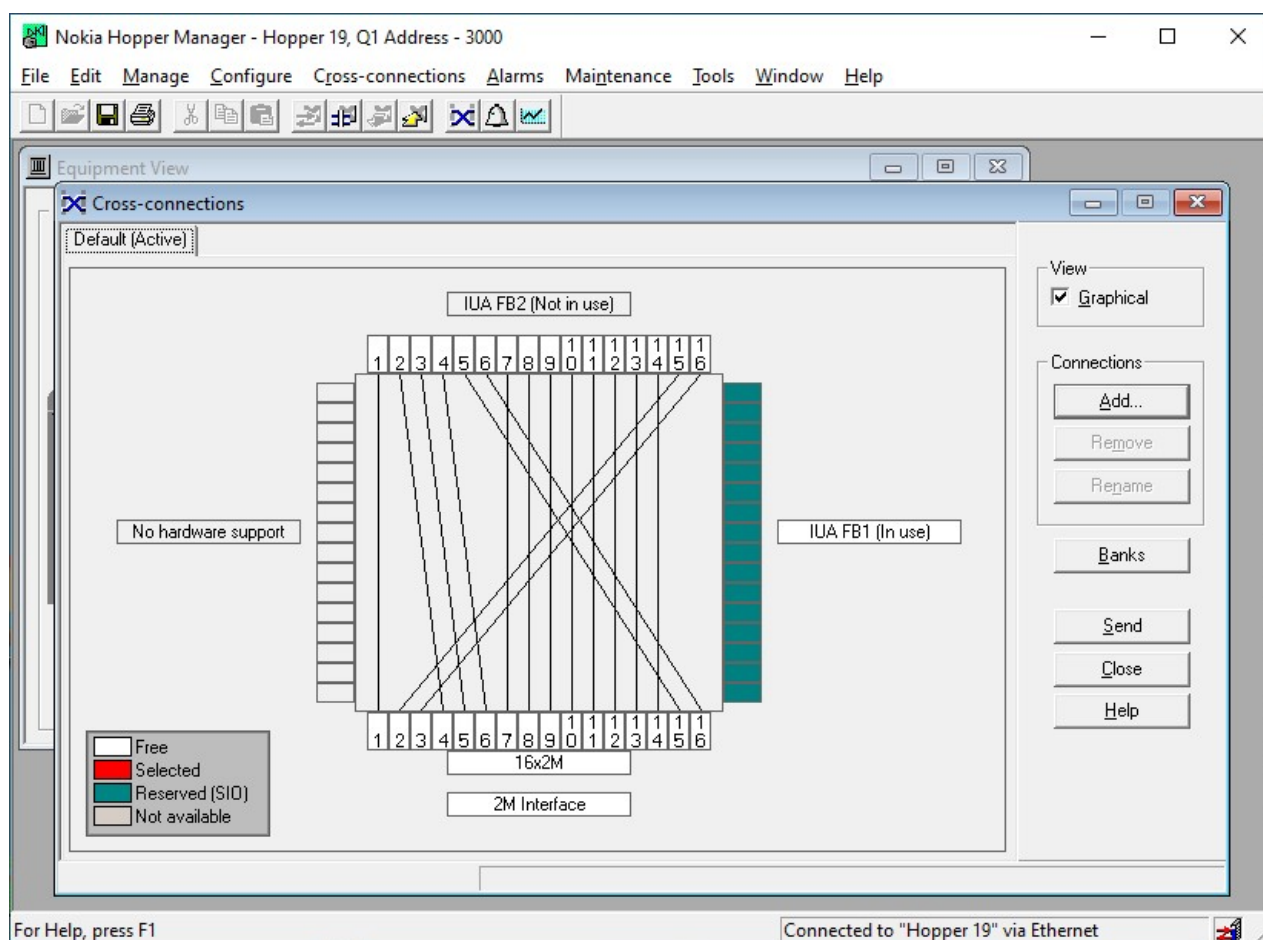


Рис. 4.8 — Вид окна программирования связей кросс-коммутации

4.10. После выполнения задания п. 4.9 сделать копию экрана ПК для поля коммутации и сохранить в электронный протокол по выполнению лабораторной работы.

5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

5.1. Титульный лист.

5.2. Цель лабораторной работы с указанием характеристик и параметров, исследуемых в лабораторной работе.

5.3. Упрощенная структурная схема лабораторной установки с указанием назначенных отдельным элементам.

5.4. Частотный план для заданного варианта исследований с указанием области частот, занимаемой в частотной области при передаче трафика.

5.5. Копии экрана для всех конфигурационных параметров системы РРЛ.

5.6. Копии экрана для режима тестирования в соответствии с заданием. Текстовые пояснения к полученным результатам.

5.7. Выводы по работе, содержащие подробный анализ экспериментальных данных, и подробное обсуждение результатов.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

6.1. Вопросы для допуска к выполнению лабораторной работы

- 1) Поясните назначение и технические особенности оборудования *Nokia FlexiHopper*.
- 2) Охарактеризуйте работу оборудования используя структурную схему наружного блока PPC.
- 3) Для передачи каких сигналов предназначена PPC *Nokia FlexiHopper*?
- 4) Поясните порядок действий, необходимых для подключения менеджера управления системой.
- 5) Охарактеризуйте порядок настройки параметров радиointерфейса. Какие параметры требуется установить при выполнении лабораторной работы?
- 6) Охарактеризуйте порядок настройки параметров интерфейсов *Ethernet*. Поясните в каких режимах следует проводить исследования.
- 7) Каков порядок настройки параметров интерфейсов *PDH*? Какую задачу следует выполнить в ходе выполнения лабораторной работы?
- 8) Охарактеризуйте рекомендуемое при выполнении лабораторной работы программное обеспечение, предназначенное для тестирования интерфейса *Ethernet*.
- 9) Изобразите структуру сетевых элементов *Ethernet* (с указанием *IP* адресации), задействованных при выполнении лабораторной работы.
- 10) Охарактеризуйте особенности интерфейса и особенности меню ПО *Nokia Hopper Manager*.

6.2. Вопросы для защиты лабораторной работы

- 1) Какие средства имеет оборудование *Nokia FlexiHopper* для организации тестирования? Каким образом выполняется тестирование радиорелейной линии типа «точка-точка» реализованной на оборудовании *Nokia FlexiHopper*?
- 2) Охарактеризуйте особенности обеспечения электропитания отдельных устройств оборудования *Nokia FlexiHopper*.
- 3) Изобразите структурную схему наружного блока *OU* и охарактеризуйте назначение отдельных составляющих структурной схемы.
- 4) Охарактеризуйте виды модуляции, используемые для передачи цифрового потока в радиорелейных системах *Nokia FlexiHopper*.
- 5) Поясните назначение элементов внутреннего блока *IU*.
- 6) Охарактеризуйте назначение и особенности реализации интерфейса *Flexbus*.
- 7) Объясните принципы частотного распределения на примере оборудования для диапазона частот 38 ГГц.
- 8) Определите последовательность действий оператора РРС, которую необходимо выполнить для определения уровня сигнала на входных устройствах пролета.
- 9) Определите последовательность действий оператора РРС, которую необходимо выполнить для перестройки уже работающего пролета на другой частотный диапазон, частота которого находится в пределах рабочего диапазона используемых радиоблоков.
- 10) Охарактеризуйте варианты конфигураций РРС *Nokia FlexiHopper* без использования резервирования.
- 11) Охарактеризуйте варианты конфигураций РРС *Nokia FlexiHopper* при использовании резервирования.
- 12) Охарактеризуйте назначение РРЛ как элемента транспортной сети мобильной связи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Nokia. Product Description // DN99600269 Nokia Corporation, Issue 8-0 en, C33513.85.G0. — 120 p.
2. Jperf – графическая java-надстройка для Iperf / alexof.ru. — Режим доступа: <http://alexof.ru/page/jperf> (дата обращения: 25.08.2023).
3. Зайцев, В. В. Цифровые системы радиорелейной связи : учебное пособие / В. В. Зайцев, Е. Ю. Копытов. — Омск : ОмГУПС, [б. г.]. — Часть 1 — 2016. — 92 с. — ISBN 978-5-949-41152-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/129158> (дата обращения: 26.08.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Зайцев, В. В. Цифровые системы радиорелейной связи : учебное пособие / В. В. Зайцев, Е. Ю. Копытов, А. А. Любченко. — Омск : ОмГУПС, [б. г.]. — Часть 2 — 2018. — 121 с. — ISBN 978-5-949-41207-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/129159> (дата обращения: 26.08.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Линец, Г. И. Спутниковые и радиорелейные системы передачи : учебное пособие / Г. И. Линец, А. В. Велигоша. — Ставрополь : СКФУ, 2016. — Часть 1 — 2016. — 215 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/155197> (дата обращения: 26.08.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Учебное издание

**СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ
В МОБИЛЬНЫХ СЕТЯХ**

Учебно-методическое пособие

Составители: **Савочкин** Александр Анатольевич,
Тихвинский Валерий Олегович

В авторской редакции

Изд. № 228/2023. Объем 2,25 п.л. Усл. печ. л. 2,09. Уч.-изд. л. 2,205.
Издательский центр ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»