

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-технологическая академия

**А. П. ПЛЁНКИН**  
**К. Е. РУМЯНЦЕВ**

**ОДНОФОТОННЫЕ ПРИЁМНИКИ  
ДЛЯ СИСТЕМ КВАНТОВОГО  
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КЛЮЧЕЙ**

*Учебное пособие*

Ростов-на-Дону – Таганрог  
Издательство Южного федерального университета  
2020

УДК 621.391.64  
ББК 32.875я73-5

Р865

*Печатается по решению кафедры информационной безопасности телекоммуникационных систем Института компьютерных технологий и информационной безопасности Южного федерального университета (протокол № 13 от 12 февраля 2020 г.)*

**Рецензенты:**

заместитель директора по научной работе Ростовского филиала  
Российской таможенной академии, заслуженный деятель науки РФ,  
доктор технических наук, профессор *Д. А. Безуглов*  
профессор кафедры «Антенны и радиопередающие устройства» Южного  
федерального университета, заслуженный работник высшей школы РФ,  
доктор технических наук, профессор *В. А. Обуховец*

**Румянцев, К. Е.**

Р865    Однофотонные приёмники для систем квантового распределения ключей : учебное пособие / А. П. Плёткин, К. Е. Румянцев ; Южный федеральный университет. — Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2020. — 117 с.

ISBN 978-5-9275-3491-3

Пособие содержит теоретические сведения о принципах работы однофотонных приёмников на основе лавинных фотодиодов, а также материалы лабораторно-практических занятий по разделу «Квантовые коммутации» дисциплины «Квантовая связь и криптография». Рассмотрены принципы работы, конструкции и основные параметры однофотонного детектора ID 201 фирмы idQuantique (Швейцария). Приведено описание принципа работы системы квантового распределения ключа на основе фазового кодирования состояний фотонов.

Учебное пособие предназначено для студентов специальности 10.05.02 «Информационная безопасность телекоммуникационных систем».

УДК 621.391.64  
ББК 32.875я73-5

ISBN 978-5-9275-3491-3

© Южный федеральный университет, 2020  
© Плёткин А. П., Румянцев К. Е., 2020  
© Оформление. Макет. Издательство  
Южного федерального университета, 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3
СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ .....	5
1. РОЛЬ ОДНОФОТОННЫХ ДЕТЕКТОРОВ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРЕДЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ КВАНТОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КЛЮЧЕЙ ....	6
1.1. Проблемы при реализации систем квантовой криптогра- фии .....	6
1.2. Укрупнённая архитектура системы квантового распреде- ления ключей .....	8
1.3. Коммерческие системы квантового распределения ключей	10
1.4. Принципы квантового распределения ключей с фазовым кодированием состояний фотонов .....	11
1.5. Структуры коммерческих систем квантового распределе- ния ключей .....	16
1.6. Конструкция системы квантового распределения ключей ID 3100 Clavis .....	20
1.7. Энергетическая модель системы квантового распределе- ния ключа с фазовым кодированием состояний фотонов .....	21
2. ФОТОДЕТЕКТОРЫ ДЛЯ СИСТЕМ КВАНТОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КЛЮЧА .....	30
2.1. Классификация и технические характеристики фотодетек- торов .....	30
2.2. Фотодиоды .....	31
2.3. Физические основы работы лавинных фотодиодов .....	35
2.4. Принцип работы однофотонного лавинного фотодиода ...	40
2.5. Основные параметры лавинных фотодиодов .....	42
2.6. Цепи гашения однофотонных лавинных фотодиодов .....	51
2.7. Фототранзисторы .....	55
2.8. Фототиристоры .....	59
3. ОДНОФОТОННЫЙ ПРИЁМНЫЙ МОДУЛЬ ID 201 .....	62
3.1. Принцип работы однофотонного приёмного модуля ID 201	62

3.2. Органы управления однофотонного детектора ID 201 .....	65
3.3. Настройка параметров сигнала запуска однофотонного приёмного модуля ID 201 .....	69
3.4. Настройка параметров фотодетектирования .....	69
3.5. Режимы отображения информации .....	71
4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОДНОФОТОННОГО ПРИЁМНОГО МОДУЛЯ ID 201 .....	74
4.1. Цель экспериментальных исследований .....	74
4.2. Приборы и принадлежности для проведения экспериментальных исследований .....	74
4.3. Функциональная схема экспериментальной установки для исследования однофотонного приёмного модуля ID 201 .....	79
4.4. Подготовка к проведению измерений .....	80
4.5. Методика проведения измерений .....	84
4.6. Результаты экспериментов .....	85
4.7. Обсуждение результатов экспериментов .....	87
5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОДНОФОТОННЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ .....	88
5.1. Принцип однофотонной диагностики волоконно-оптической линии связи .....	88
5.2. Регистрация сигналов однофотонного приёмного модуля ID 201 при съёме информации с ВОЛС .....	91
5.3. Определение потерь в канале связи при съёме информации с ВОЛС .....	93
6. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ СЪЁМА ИНФОРМАЦИИ С ВОЛС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОДНОФОТОННОГО ПРИЁМНОГО МОДУЛЯ ID 201 .....	97
6.1. Цель исследований .....	97
6.2. Используемые приборы и принадлежности .....	97
6.3. Функциональная схема экспериментальной установки для имитации съёма информации с ВОЛС .....	101

*Содержание*

---

6.4. Методика проведения испытаний .....	102
6.5. Проведение измерений .....	104
6.6. Обсуждение результатов экспериментов .....	104
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	105
ГЛОССАРИЙ .....	106
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	109