

УДК 004.056.55 / 543.42.061

СРАВНЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В КВАНТОВОЙ КРИПТОГРАФИИ

А.Ю. Ефремова

Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация. В статье приведено сравнение технических средств спектрального анализа, используемых в квантовой криптографии. Приводится описание использования спектроскопии в сфере шифрования информации. Рассматриваются перспективы перехода к более высокому уровню защищенности данных. Особое внимание уделено правильности выбора технических средств спектрального анализа. По результатам сравнения выявлено, что выбор технического средства влияет на точность, устойчивость и практическую реализуемость систем шифрования информации.

Ключевые слова: защита информации, криптография, шифрование, квантовые технологии, спектральный анализ, технические средства, оптический фильтр, монохроматор, спектрометр.

COMPARISON OF SPECTRAL ANALYSIS INSTRUMENTS USED IN QUANTUM CRYPTOGRAPHY

A.Yu. Yafremava

Educational Institution "Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics", Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The article presents a comparison of spectral analysis instruments used in quantum cryptography. It describes the use of spectroscopy in the field of information encryption and considers the prospects for achieving a higher level of data security. Particular attention is paid to the correct selection of spectral analysis instruments. Based on the comparison, it was found that the choice of technical instrument affects the accuracy, robustness, and practical feasibility of information encryption systems.

Keywords: information protection, cryptography, encryption, quantum technologies, spectral analysis, technical instruments, optical filter, monochromator, spectrometer.

Введение

В условиях стремительного роста вычислительных возможностей квантовых компьютеров, особую актуальность приобретает поиск новых подходов к защите информации, способных обеспечить высокий уровень устойчивости к атакам. Эти обстоятельства способствовали росту интереса к различным методам квантовой криптографии, в том числе и к комплексным подходам, в которых защита информации обеспечивается не только алгоритмическими преобразованиями, но и за счет уникальных физических характеристик оптического сигнала, материала и излучения [1,2].

Основная часть

Отдельный интерес представляют системы, сочетающие методы защиты информации со средствами спектрального анализа. Поскольку спектроскопия позволяет использовать спектральные, временные и поляризационные характеристики оптических сигналов в качестве дополнительных носителей информации, такой подход делает возможным реализацию новых схем шифрования, аутентификации и скрытой передачи данных. Однако стоит отметить, что такие системы отличаются высокой сложностью как с точки зрения структуры, так и с точки зрения практической реализации, что делает особенно важным корректный выбор технических средств, применяемых для формирования, регистрации и анализа спектральных характеристик.

В связи с этим далее проводится сравнение технических средств, используемых в качестве элементов спектрального анализа в системах шифрования информации [2–4].

Сравнение технических средств спектрального анализа, используемых в квантовой криптографии

Comparison of spectral analysis instruments used in quantum cryptography

Тип технического средства	Набор оптических фильтров	Одинарный монохроматор	Двойной монохроматор	Спектрометр с многоканальным массивом
1	2	3	4	5
Спектральная избирательность	Низкая	Средняя	Высокая	Средняя/высокая в зависимости от прибора и решетки
Подавление паразитного света	Низкое	Среднее	Высокое	Среднее/высокое в зависимости от конструкции
Гибкость по длинам волн	Низкая	Высокая	Очень высокая	Высокая в пределах рабочего окна
Скорость получения данных	Высокая для фиксированных каналов	Низкая/средняя	Низкая, из-за усложнения тракта	Высокая
Пригодность для сложных шифровальных схем	Ограниченная	Хорошая	Очень хорошая	Очень хорошая
Пригодность для точного сравнения близких спектров КТ	Не подходящая	Подходящая	Наиболее подходящая	Подходящая, особенно при необходимости быстрого захвата спектра

Продолжение таблицы
Continuation of table

1	2	3	4	5
Сложность реализации	Низкая	Средняя	Высокая	Средняя/высокая
Лучший сценарий использования	Дешевый прототип	Базовая лабораторная установка	Максимальная точность и подавление шумов	Практичная система с высокой скоростью

Заключение

Сравнение показывает, что выбор технических средств спектрального анализа напрямую влияет на точность, устойчивость и практическую реализуемость систем шифрования информации. Наборы оптических фильтров, являясь доступным решением, подходят для простых и демонстрационных схем и не эффективны при работе со сложными многоканальными методами. Монохроматоры обеспечивают более высокую точность и универсальность, что делает их подходящими для лабораторных исследований. В то же время спектрометры с многоканальным массивом представляют собой наиболее практичный компромисс между скоростью, гибкостью и качеством регистрации, что делает их особенно перспективными для построения прикладных и высокоскоростных систем спектрального шифрования.

Из всего вышеперечисленного следует, что выбор конкретного прибора должен определяться целями системы, требованиями к точности измерений, скорости обработки данных и условиям практического применения.

Список использованных источников

1. Ефремова, А. Ю., Морозова А.Н. (2025) Сравнительный анализ классических и квантовых методов шифрования. *Технические средства защиты информации: материалы XXIII Международной научно-технической конференции*. 154–157.
2. Mamann H., Nieddu T., Hoffet F., Bozzio M., Garreau de Loubresse F., Kerenidis I., Dia-manti E., Urvoy A., Laurat J. (2025) Quantum cryptography integrating an optical quantum memory. *Science Advances*. 11 (38).
3. Tan H., Petrov M., Zhang W., Han L., Liao S.-K., Makarov V., Xu F., Pan J.-W. (2025) Wide-Spectrum Security of Quantum Key Distribution. *PRX Quantum*. 2025.(6).
4. Tunsiri S., Kanthavong S., Louangvilay, Mitatha S., Yupapin P. P. (2012) Optical-Quantum Security using Dark-Bright Soliton Conversion in a Ring Resonator System. *Procedia Engineering*. (32), 475–481.

References

1. Yafremava, A. Yu., Morozova, A. N. (2025). Comparative Analysis of Classical and Quantum Encryption Methods. Technical Means of Information Protection: Proceedings of the 23rd International Scientific and Technical Conference, 154–157 (in Russian).
2. Mamann H., Nieddu T., Hoffet F., Bozzio M., Garreau de Loubresse F., Kerenidis I., Dia-manti E., Urvoy A., Laurat J. (2025) Quantum cryptography integrating an optical quantum memory. Science Advances. 11 (38).
3. Tan H., Petrov M., Zhang W., Han L., Liao S.-K., Makarov V., Xu F., Pan J.-W. (2025) Wide-Spectrum Security of Quantum Key Distribution. PRX Quantum. 2025.(6).
4. Tunsiri S., Kanthavong S., Louangvilay, Mitatha S., Yupapin P. P. (2012) Optical-Quantum Security using Dark-Bright Soliton Conversion in a Ring Resonator System. Procedia Engineering. (32), 475–481.

Сведения об авторах

Ефремова А.Ю., ассистент каф. проектирования информационно-компьютерных систем, учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», al617e13@gmail.com.

Information about the authors

Yafremava, A. Yu., Assistant of the department Information and Computer-Aided Systems Design, Educational Institution "Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics", al617e13@gmail.com.