

УДК 535.14

**АНАЛИЗ ПОВЕДЕНИЯ НЕКЛАССИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ СВЕТА В
ТУРБУЛЕНТНОЙ АТМОСФЕРЕ. КРИТЕРИЙ РАЗРУШЕНИЯ
СУБПУАССОНОВСКОЙ СТАТИСТИКИ.**

Каргина Д.А. (Университет ИТМО),

Научный руководитель – доцент, доктор физико-математических наук, Киселев А.Д.
(Университет ИТМО)

Введение. Источники субпуассоновского света, способные генерировать неклассические квантовые состояния, обладающие свойствами антигруппировки или наличия уровня шума ниже вакуумного значения, широко применяются в квантовых коммуникациях. Для реальных квантовых систем, к факторам ключевой важности относятся эффекты взаимодействия с окружением. В частности, распространение света в атмосферном канале сопровождается изменением фотонной статистики входных квантовых состояний [1]. В контексте анализа стойкости протоколов квантового распределения ключей (КРК) в открытом пространстве учет влияния флуктуирующей среды является одной из центральных задач [2,3].

Основная часть. В ранних работах было показано, что при распространении неклассических состояний в средах субпуассоновская статистика света может разрушаться, что негативно сказывается на производительности систем КРК [1,2]. Целью данной работы было выявить критерий разрушения таких состояний в зависимости от параметров, описывающих влияние турбулентной атмосферы, таких как температура и пропускание среды. Для моделирования квантового атмосферного канала рассматривается представление Стайнспринга, в котором радиационная мода взаимодействует с модой окружения. При этом флуктуации коэффициента пропускания описываются в рамках различных моделей для плотности распределения вероятностей [4]. В альтернативном подходе, канал представляет динамику матрицы плотности фотонов, полученной как решение кинетического уравнения Линдблада. Оба подхода сравниваются и выявляется взаимосвязь между ними. Оба подхода позволяют количественно охарактеризовать индуцированное окружающей средой изменение параметров, описывающих неклассичность входного квантового состояния, таких как параметр Мандела (для одномодового сжатого света) и логарифмическая отрицательность (в случае двухмодового сжатия). Отметим, что мониторинг корреляционной функции второго порядка, тесно связанной с параметром Мандела, позволяет контролировать стойкость КРК в режиме реального времени [5].

В данной работе, решая задачу эволюции фотонной статистики в турбулентном атмосферном канале, становится возможным оценить основные эффекты влияния окружения на квантовые корреляции, определяющие неклассичность света. В частности, при определенных значениях параметров среды, фотонная статистика может переходить из субпуассоновской в суперпуассоновскую. В таком случае свет становится классическим, а канал связи небезопасным.

Выводы. Получены общие соотношения для распространения субпуассоновских состояний света в турбулентной атмосфере в зависимости от температуры и коэффициента пропускания. Проанализированы две различные модели, описывающие квантовый атмосферный канал, используя изометрическое расширение и уравнение Линдблада.

Список использованных источников:

1. Semenov A. A., Vogel W. Quantum light in the turbulent atmosphere //Physical Review A. – 2009. – Т. 80. – №. 2. – С. 021802.
2. Waks E., Santori C., Yamamoto Y. Security aspects of quantum key distribution with sub-Poisson light //Physical Review A. – 2002. – Т. 66. – №. 4. – С. 042315.
3. Pirandola S. Limits and security of free-space quantum communications//Physical Review Research. – 2021. – Т. 3. – №. 1. – С. 013279.
4. D. Vasylyev, Vogel W, Semenov A. A. Theory of atmospheric quantum channels based on the law of total probability//Physical Review A. – 2018. – Т. 97. – №. 6. – С. 063852.
5. Kupko T. et al. Tools for the performance optimization of single-photon quantum key distribution //npj Quantum Information. – 2020. – Т. 6. – №. 1. – С. 29.