

УДК 517.938

КВАНТОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КЛЮЧА В АТМОСФЕРЕ: ОЦЕНКА ОШИБКИ

Фалеева М.П. (Национальный исследовательский университет ИТМО)

Научный руководитель – д. ф.-м. н., профессор Попов И.Ю.

(Национальный исследовательский университет ИТМО)

Исследуется влияние турбулентной атмосферы на выполнение алгоритма квантового распределения ключа. Предполагается, что кубиты кодируются с помощью мод гауссова пучка света высших порядков. Вычисляются номера мод, для которых вероятность появления ошибки в ходе алгоритма минимальна.

Введение. В настоящее время высокий интерес представляют исследования, посвящённые разработке квантовых каналов связи в свободном пространстве. Установлено [1], что передача через свободное пространство позволяет в многократно увеличить протяженность линий связи по сравнению с традиционными оптоволоконными каналами. Как известно, свойства квантовой информации позволяют обеспечить абсолютную безопасность передачи сообщений. На данном факте основан алгоритм вычисления секретного ключа для последующей кодировки передаваемых сообщений. Существует несколько видов алгоритма квантового распределения ключа. Для реализации алгоритма квантового распределения ключа, использующего запутанные пары фотонов, необходимо существование надежного канала связи, способного передавать запутанность с заранее известной точностью.

Основная часть. Целью данного исследования является изучение влияния турбулентной атмосферы Земли на квантовую запутанность. Турбулентность атмосферы вызывают различные явления, и данное свойство является сложным для математического описания. Мы рассмотрим одно из явлений, блуждание луча, которое является доминирующим для слабой турбулентности. Кубиты в нашем исследовании кодируются гауссовыми модами пучка высших порядков, аналогично модам волокна. В результате мы оцениваем, какие моды больше подходят для сохранения запутанности при разделении пар запутанных кубитов и передачи каждого кубита адресату через атмосферу. Для ответа на поставленный в ходе исследования вопрос используется разработанный нами метод оценки способности квантового канала сохранять запутанность, согласно которому расстояние от матрицы плотности запутанного состояния до подпространства матриц незапутанных состояний является мерой запутанности [2]. Матрица плотности состояния, прошедшего через атмосферу, находится с использованием соотношений входного и выходного состояния в терминах Р-функции Глаубера-Сударштана [3].

Выводы. Данное исследование может представлять практический интерес для разработчиков квантовых каналов связи в свободном пространстве.

[1] Thomas Herbst, Thomas Scheidl, Matthias Fink, Johannes Handsteiner, Bernhard Wittmann, Rupert Ursin, and Anton Zeilinger. Teleportation of entanglement over 143 km. PNAS, 112 (46) 14202-14205 (2015).

[2] М.П. Фалеева, И.Ю. Попов, И. Жежула. О количественной оценке степени независимости преобразования кубитов квантовым вентилем или каналом. Оптика и спектр. Т. 124, вып. 5. 686-690.

[3] D. Vasylyev, A. A. Semenov, W. Vogel, K. Gunthner, A. Thurn, O. Bayraktar, and Ch. Marquardt. Free-space quantum links under diverse weather conditions. PHYSICAL REVIEW A 96, 043856 (2017).