

Двухкубитные перепутанные состояния, наиболее устойчивые к шумам в квантовых каналах с затуханием амплитуды

В.В. Фризен¹, С.Н. Филиппов¹

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

Квантовая система задается оператором плотности ρ . Квантовое состояние ρ называется запутанным, если оно не представимо в виде выпуклой суммы $\sum_i p_i \rho_1^i \otimes \rho_2^i$. В противном случае оно является сепарабельным.

Процесс распада двухуровневой системы в тепловом окружении описывается обобщенным каналом с затуханием амплитуды $\Phi_{\gamma,p}$. Действие квантового канала с затуханием амплитуды на

произвольную матрицу плотности ρ задается выражением $\Phi_{\gamma,p}[\rho] = \sum_{i=1}^4 E_i \rho E_i^*$, где

$$E_1 = \sqrt{\gamma} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & \sqrt{1-p} \end{pmatrix}, \quad E_2 = \sqrt{\gamma} \begin{pmatrix} 0 & \sqrt{p} \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad E_3 = \sqrt{1-\gamma} \begin{pmatrix} \sqrt{1-p} & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad E_4 = \sqrt{1-\gamma} \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ \sqrt{p} & 0 \end{pmatrix},$$

γ – параметр, определяющий температуру окружающей среды, $p = p(t)$ – монотонно возрастающая функция от времени, $0 < \gamma < 1$, $0 < p < 1$.

Канал $\Phi_{\gamma,p} \otimes \Phi_{\gamma,p}$ будем называть аннигилирующим перепутанность, если состояние $\Phi_{\gamma,p} \otimes \Phi_{\gamma,p}[\rho]$ сепарабельно для любого оператора плотности ρ .

Требуется найти область параметров γ и p , при которых канал $\Phi_{\gamma,p} \otimes \Phi_{\gamma,p}$ аннигилирует перепутанность, а также семейство состояний, для которых, при заданном P , выходное состояние будет иметь максимально возможную величину перепутанности.

Решение основано на описанном в статье [1] сведении неунитального канала $\Phi_{\gamma,p}$ к унитарному Υ , для которого известно, когда $\Upsilon \otimes \Upsilon$ аннигилирует перепутанность [2].

В докладе показывается, что $\Phi_{\gamma,p} \otimes \Phi_{\gamma,p}$ аннигилирует перепутанность при

$$p > p_* = \frac{-1 + \sqrt{1 + 8\gamma(1-\gamma)(1+\sqrt{2})}}{4\gamma(1-\gamma)(1+\sqrt{2})}. \text{ Найдено состояние } \rho_*, \text{ отличающееся от максимально}$$

перепутанного $\rho_+ = |\psi_+\rangle\langle\psi_+|$, $|\psi_+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle \otimes |0\rangle + |1\rangle \otimes |1\rangle)$, и сохраняющее перепутанность максимально возможное время p_* .

Путем интерполяции состояний ρ_+ и ρ_* найдено семейство состояний $\rho_{\gamma,p}$, таких, что $\Phi_{\gamma,p} \otimes \Phi_{\gamma,p}[\rho_{\gamma,p}]$ обладает наибольшей степенью перепутанности.

На Рис. 1 показана зависимость степени перепутанности (Negativity) выходных состояний от p для состояний ρ_+ , ρ_* и $\rho_{\gamma,p}$.

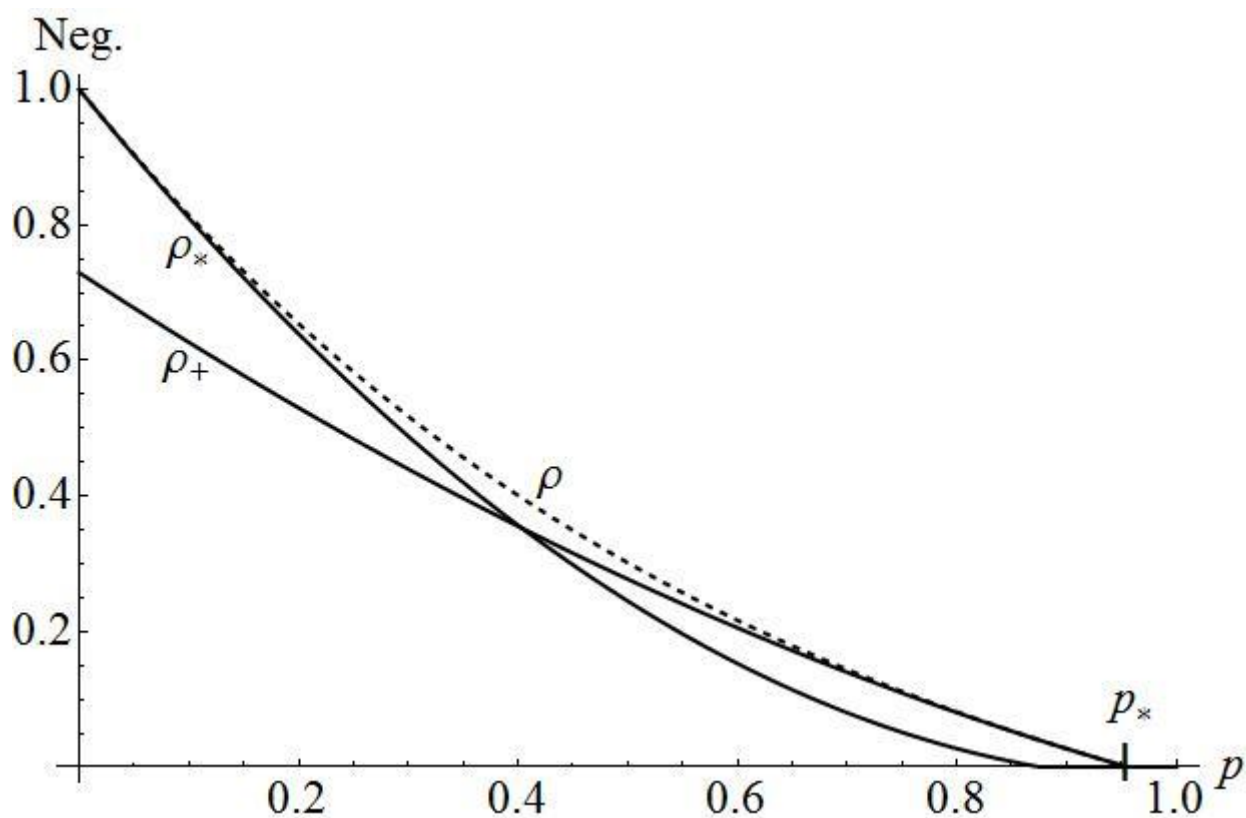


Рис. 1. Степень перепутанности (Negativity) состояния $\Phi_{\gamma,p} \otimes \Phi_{\gamma,p}[\rho]$ для различных входных состояний.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 16-11-00084) в Московском физико-техническом институте (государственном университете).

Литература

1. *Filippov S. N., Magadov K. Y.* Positive tensor products of qubit maps and 2-tensor-stable positive qubit maps // arXiv:1604.01716. – 2016.
2. *Filippov S. N., Rybár T., Ziman M.* Local two-qubit entanglement-annihilating channels // Physical Review A. – 2012. – Т. 85. – №. 1. – С. 012303.