

# Математическое моделирование шумовых эффектов в СОЛИТОННЫХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ЛИНИЯХ СВЯЗИ

ЮШКО ОЛЕСЯ ВИКТОРОВНА

*Институт вычислительных технологий СО РАН (Новосибирск), Россия*  
e-mail: olesya.yushko@gmail.com

В настоящее время для передачи информации широко используются волоконно-оптические линии связи (ВОЛС): начиная от коротких локальных сетей, заканчивая протяжёнными межконтинентальными волоконными линиями связи. Оптоволокно лидирует на рынке телекоммуникаций, однако, при наблюдаемом росте трафика на 40% ежегодно пропускная способность оптических систем увеличивается лишь на 20% в год. При таком развитии ситуации, уже в ближайшие несколько лет объём передаваемого трафика превысит возможности существующих технологий, а уже в 2020 году можно ожидать наступление кризиса использования ВОЛС [1].

В начале 90-х годов одним из направлений исследований в области телекоммуникаций являлись солитонные ВОЛС. Благодаря взаимной компенсации нежелательных эффектов волокна — дисперсии и нелинейности, они казались перспективным направлением исследования для увеличения скорости и/или дальности передачи данных. Однако, обнаруженные вскоре эффекты временного и фазового сдвига солитонных импульсов отодвинули эти исследования на задний план. Обладая рядом преимуществ, тем не менее, традиционные линии связи подходят к пределу своих возможностей. Основное ограничение развития традиционных ВОЛС — наличие нелинейных эффектов в оптоволокне [2].

В этом контексте солитонные ВОЛС снова становятся интересным научным направлением, поскольку изучение подобных линий связи в контексте современных технологий не проводилось. Это означает, что нежелательные «солитонные» эффекты могут быть подавлены, а использование нелинейных стабильных импульсов для передачи сигнала в совокупности с современными методами когерентного детектирования и многоуровневыми методами модуляции сигнала позволит увеличить спектральную эффективность солитонных ВОЛС прошлого поколения.

Для описания распространения электромагнитного поля по оптоволокну использовалось обобщённое нелинейное уравнение Шрёдингера:

$$\frac{\partial A}{\partial z} = -i\frac{\beta_2}{2} \frac{\partial^2 A}{\partial t^2} + i\gamma|A|^2 A + iN(z, t) \quad (1)$$

где  $A(z, t)$  — комплексная огибающая амплитуды поля,  $t$  — время,  $z$  — расстояние вдоль волокна,  $\beta_2$  — параметр хроматической дисперсии,  $\gamma$  — параметр нелинейности. Член уравнения  $N(z, t)$  описывает генерацию шума, возникающего вследствие оптически усиленной спонтанной эмиссии.

В работе были проанализированы основные эффекты, ограничивающие рост спектральной эффективности солитонных ВОЛС: эффекты Гордона-Хауса и Гордона-Молленауэра, проявляющиеся в случайном отклонении положения центра импульса и его фазы соответственно от начального значения. Оба эффекта возникают вследствие накопления шума. Было проведено численное моделирование и показано, эти эффекты частично могут быть подавлены методами цифровой обработки сигнала на приёмнике.

Кроме того, были исследованы методы «солитонного контроля» — оптическая фильтрация шума усилителей. Было показано, что использование оптической фильтрации в когерентных линиях связи позволяет не только улучшить характеристики солитонных ВОЛС по сравнению с методами цифровой обработки сигнала, но так же и увеличить протяженность ВОЛС по сравнению с традиционными линиями связи (в приближении модели Гауссова шума).

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ Солитонные технологии в когерентных линиях связи и лазерах (№14-01-31258, мол\_а, 2014г).*

## Список литературы

- [1] RICHARDSON D. J. Filling the light pipe // Science – 2010. – Vol. 330 P. 327–328.
- [2] ESSIAMBRE R. J., KRAMER G., WINZER P. J. Capacity limits of optical fiber networks // J. of Lightw. Techn. —2010. Vol. 28(4) P.662-701.