

## **Отчёт о проделанной работе.**

Тема работы: «Математическое моделирование диссипативных солитонов в волоконных лазерах с нормальной дисперсией»

### Состав коллектива:

Художиткова Дарья Алексеевна, магистрант ММФ НГУ

Федорук Михаил Петрович, член-корреспондент РАН, профессор

### Научная составляющая работы.

В данной работе рассматривается длинный волоконный лазер, обладающий нормальной дисперсией. Лазер называется длинным, если его длина составляет несколько сотен метров. Численное моделирование волоконных лазерных систем с длинным резонатором осложняется необходимостью использовать значительные вычислительные ресурсы, а также большим временем вычислений ( $2^{16}$  по  $t$  и 800 по  $z$  около 140 секунд обход). В связи с этим существует проблема оптимизации выходной энергии в такой системе. Поэтому актуальной является задача исследования свойств излучения длинного волоконного лазера при помощи аналитических методов.

### Цели работы:

- поиск стационарного решения уравнения типа Гинзбурга-Ландау;
- верификация аналитического решения численным, определение применимости аналитического решения по величине параметра фазовой модуляции;
- теоретическое определение условий генерации диссипативного лазера;
- оптимизация выходной энергии диссипативного солитона в волоконном лазере в пространстве параметров: длина резонатора и потери на ответвителе

Для математического моделирования длинного волоконного лазера с нормальной дисперсией использовалось уравнение типа Гинзбурга-Ландау:

$$\frac{\partial A}{\partial z} = \left( i\beta_2 L \frac{\partial^2}{\partial t^2} - i\gamma L |A|^2 \right) A + \left( \sigma - \frac{\kappa}{1 + \frac{|A|^2}{P_{SAM}}} \right) A, \text{ где } \sigma = \frac{g}{2 \left( 1 + \frac{\varepsilon}{E_{SAT}} \right)} - \frac{\alpha}{2}.$$

В работе было численно найдено стационарное решение модифицированным методом расщепления по физическим процессам с использованием преобразования Фурье на линейном шаге. Нелинейный шаг решался методом Рунге-Кутты второго порядка

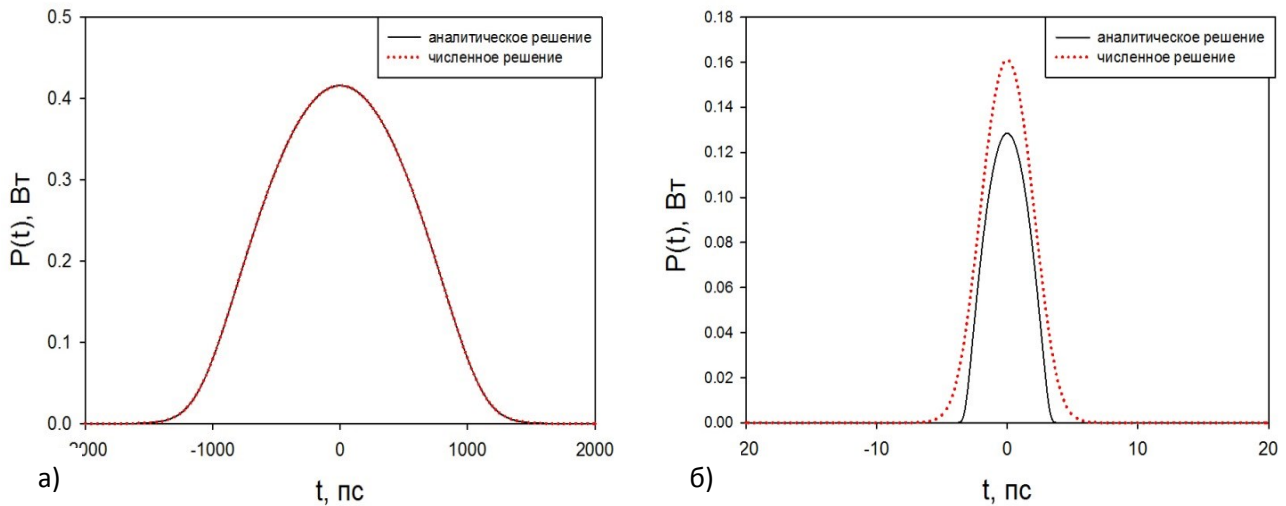


Рисунок 1. Сравнение приближенного аналитического решения с численным для значений параметра фазовой модуляции  $f=230$  а),  $f=8$  б).

На рисунке 1 показано сравнение численного и аналитического решения уравнения типа Гинзбурга-Ландау. Как видно, при малых значениях параметра фазовой модуляции  $f$  расхождения между решениями значительны, что говорит, о неприменимости аналитического решения при малом значении чирпа.

В работе найдено условие старта генерации в длинном волоконном лазере:  $\kappa < \frac{g-\alpha}{2}$ . На рисунке 2 изображено распределение энергии в области, где есть генерация, в зависимости от параметров резонатора: длины и потерь на ответвителе. Черным обозначена линия:  $\kappa = \frac{g-\alpha}{2}$ , выше которой начинается старт генерации. Другое ограничение на значение энергии  $\varepsilon < 20$  нДж, линия  $\varepsilon = 20$  нДж также изображена черным.

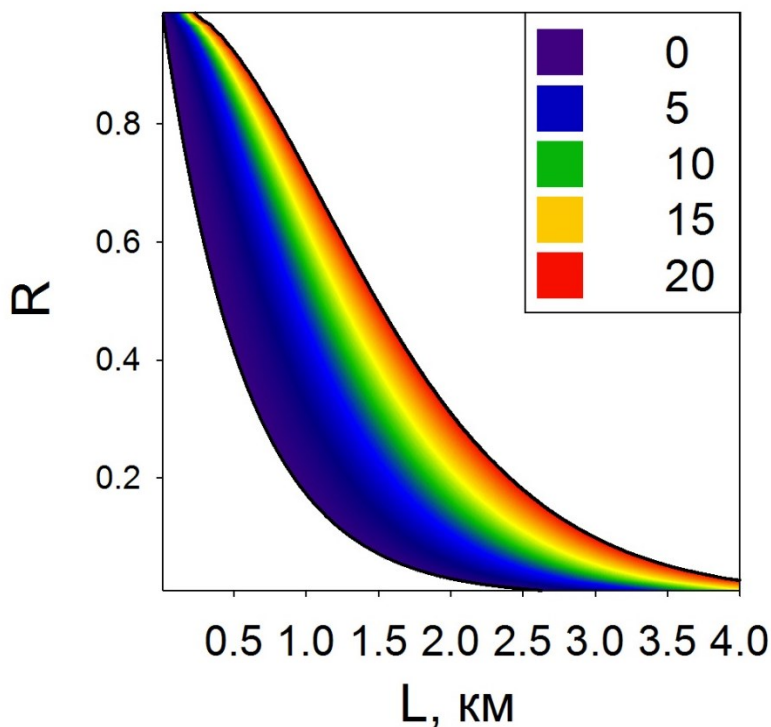


Рисунок 2. Распределение энергии в области генерации лазера.

Еще одной целью работы было оптимизировать выходную энергию в длинном волоконном лазере. Выходная энергия определяется следующим образом:  $\varepsilon_{out} = (1 - R)\varepsilon$ . При  $R = 1$  вся энергия остается в резонаторе; при  $R = 0$  вся энергия выходит и импульс не будет восстанавливаться. На рисунке 3 изображено распределение выходной энергии из длинного волоконного лазера в зависимости от параметров резонатора (длина и потери на ответвителе).

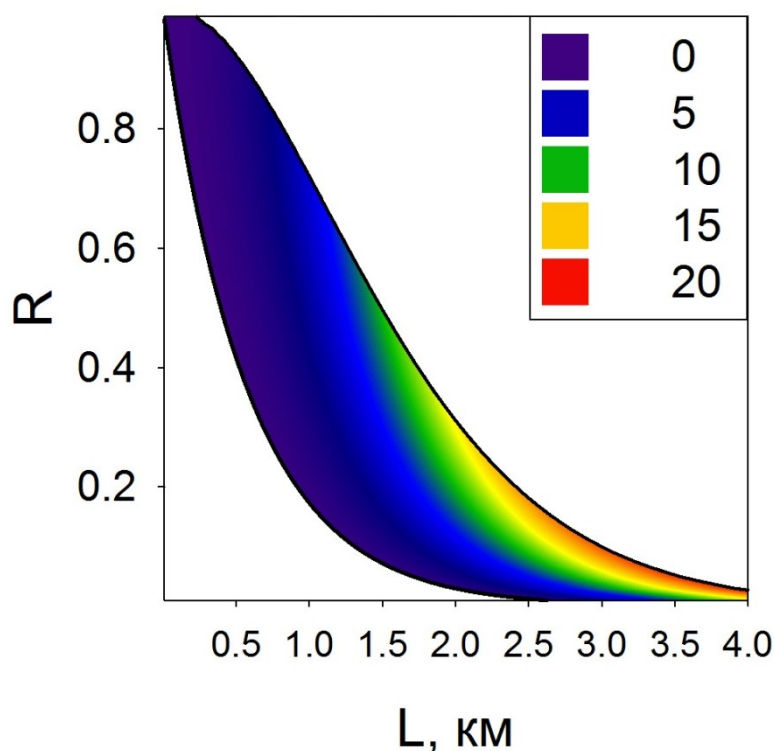


Рисунок 3. Распределение выходной энергии в длинном волоконном лазере

Энергия растет с увеличением длины лазера, поэтому для получения максимальной энергии, после определения длины лазера, нужно выбрать значение  $R$  так, чтобы энергия была наибольшей.

#### Эффект от использования кластера в достижении целей работы.

Для осуществления целей работы были использованы вычислительные ресурсы ИВЦ НГУ. Была проведена серия расчетов с поиском стационарного решения уравнения типа Гинзбурга-Ландау для различных параметров уравнения, также были вычислены характеристики для полученных импульсов (энергия, пиковая мощность, параметр фазовой модуляции).