



УДК 517.925/926

Н.А. Урусова, к.ф.-м.н., доцент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»  
603950, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

## ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВОЛН В СЛАБОНЕЛИНЕЙНОЙ НЕОДНОРОДНОЙ СРЕДЕ

*Ключевые слова: нелинейность, неоднородность, точка синхронизм, трансформация волн.*

*Проведено исследование трехволнового резонансного взаимодействия в плавно нелинейной неоднородной среде В приближении, когда характерные параметры неоднородности и нелинейности сравнимы между собой. Выведены и решены стационарные укороченные уравнения для комплексных амплитуд взаимодействующих волн. Выявлены условия эффективной генерации плазменной волны двумя попутными электромагнитными модами для простой точки синхронизма.*

Рассмотрим систему гидродинамических уравнений, описывающих изотропную среду, а так же уравнения Максвелла. Предполагаем, что компоненты тензора диэлектрической проницаемости  $\varepsilon'_{ij}$  заметно меняются на расстоянии  $L$ . Представим величины полей, скоростей и электронной концентрации в виде равновесных значений и их возмущённых компонент. В случае трехволнового взаимодействия условия синхронизма имеют вид

$$\omega_3 - \omega_2 - \omega_1 = 0 \quad \Delta k(x) = k_3 - k_2 - k_1$$

Причем условия для частот выполняются в любой точке пространства, а для волновых чисел в некоторых локализованных точках пространства. Естественно предположить, что при  $v \ll 1$  структура решений будет сходна с имеющей место структурой для однородных сред. Тогда при  $\mu \ll 1$  для однородной задачи решение ищем в виде

$$\sum_{j=1} a_j e^{i\omega_j t - \int i k_j(x) dx}, \text{ где нормированные амплитуды взаимодействующих волн являются}$$

медленно меняющимися функциями координат.

Необходимо было ввести параметр  $\nu = l/k_0 L$ ,  $\nu = \lambda_0/L$ , учитывающий влияние неоднородности, где  $k_0$  и  $\lambda_0$  волновое число и длина волны в вакууме,  $L$  - характерный масштаб неоднородности среды,

а также параметр  $\mu$  введён для обозначения малости правых частей, он определяется отношением возмущённых компонент к их равновесному значению.

Рассмотрим систему укороченных уравнений для комплексных амплитудных множителей  $a_i$ , описывающих нелинейное взаимодействие попутных волн в неоднородной среде

$$a_i = \sigma_i e^{k_i \Psi} a_j b, \quad \text{где } \sigma = \sigma(x), \quad \Psi = \Psi(x) = \int \Delta n(x) dx, \quad k_i = k_0 n_i.$$

Применяя стандартную методику получаем систему стационарных укороченных уравнений, связывающих нормированные амплитуды  $a_i$  электромагнитных и плазменных

волн. 
$$\frac{da_i}{dx} = \pm \frac{\sigma_i}{c} a_j a_l \exp(-i \int \Delta k(x) dx). \quad \frac{da_r}{dx} = \pm \frac{\sigma_i}{c} a_j a_l \exp(-i \int \Delta k(x) dx).$$

Проанализируем точное решение в некоторых предельных случаях. Пусть одна волна высшей частоты, участвующая в резонансном взаимодействии, имеет амплитуду много больше амплитуд других волн. Имеет место приближение заданного поля. В результате получаем распадную неустойчивость.

Рассмотрим асимптотическое решение данной системы. Параметром асимптотического разложения здесь является параметр  $\nu$ . В этом случае генерация более эффективна, чем в приближении заданного поля, т.к. плазменная волна возбуждается двумя электромагнитными, имеющими амплитуды одного порядка.

### Список литературы:

- [1] Андронов А.А., Леонтович Е.А., Гордон И.И., Майер А.Г. Теория бифуркаций динамических систем на плоскости. - М.: Наука, 1967.
- [2] Урусова Н.А., Файнштейн С.М., Яшин Ю.Я. О нелинейной трансформации волн в неоднородной плазме // Физика плазмы. 1