

Г.О. БУЯНОВ, А.Р. КАРИМОВ

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ВОЛН В ИЗОЭНТРОПИЧЕСКОЙ И ИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ ПЛАЗМАХ

В рамках гидродинамического описания исследуется начальная стадия нелинейных цилиндрических ленгмюровских волн в изоэнтропической и изотермической плазменных средах. Для таких систем получено точное, частное решение которое описывает динамику электронов с учетом конечной температуры электронов. Установлены необходимые условия реализации регулярной динамики, а также проведен сравнительный анализ зависимостей электронной температуры для обоих исследуемых сред.

G.O. BUYANOV, A.R. KARIMOV

National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), Moscow, Russia

FEATURES OF DEVELOPMENT FOR CYLINDRICAL WAVES IN ISOENTROPIC AND ISOTHERMAL PLASMAS

Based on the hydrodynamic approach, the initial transient stage excitement of nonlinear cylindrical Langmuir waves in isoentropic and isothermal plasma media is investigated. For such system, the particular, exact analytical solution is found, the one describes the dynamics of electrons taking into account the finite temperature of electrons. In the cases under consideration, relations specifying the regular wave dynamics are derived, and the comparative analysis of electron temperature dependences is also carried out.

Вращающаяся плазма является одной из наиболее простых физических систем, демонстрирующая при этом необычные нелинейные волновые свойства, которые представляют значительный фундаментальный и прикладной интерес [1-3]. В рамках гидродинамического описания исследуется начальная стадия развития нелинейных цилиндрических ленгмюровских волн конечной амплитуды в изотермической и изоэнтропической плазменных средах, где ионы образуют неподвижный фон. Задача рассматривается в электростатической постановке для двухмерной геометрии. Используя частное, точное аналитическое решение уравнений гидродинамики, получена система дифференциальных уравнений, описывающая динамику электронов с учетом конечной температуры электронов [4]. В настоящих расчетах использовался параболический по радиусу, вогнутый и выпуклый температурные профили связанные с меняющейся только по времени электронной плотностью. Для наглядности на рис.1 представлена динамика для вогнутого температурного профиля. В рамках данной модели обсуждается влияние начальных условий и тепловых эффектов на регулярную динамику возбуждаемых волн и развитие гидродинамических сингулярностей в электронном потоке. Получены оценки, задающие допустимый диапазон параметров плазмы, при которых реализуется либо регулярное поведение волны, либо происходит опрокидывание электронной волны. Показано, что развитие сингулярного поведения за счет собственной нелинейности можно избежать при учете тепловых эффектов и начального вращения электронного потока.

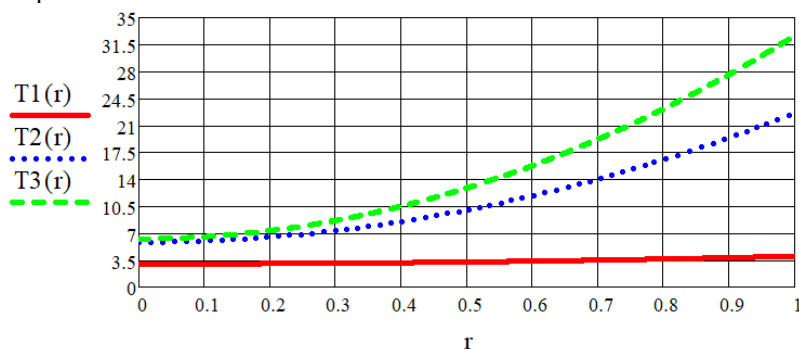


Рис. 1. Пример вогнутого температурного профиля

Из сравнения профилей в изотермической и в изоэнтропической плазме следует, что температура выше в изоэнтропической плазме. Данные результаты могут быть полезны для установления механизмов неравновесного переноса энергии/импульса в плазменных средах с конечной температурой электронов и ионов.

Список литературы

1. Davidson R.C. Methods in Nonlinear Plasma Theory – New York.: Academic Press, 1972. 384 p.
2. Akhiezer A. I., Akhiezer I. A., Polovin R. V., et al. Plasma Electrodynamics – Oxford.: Pergamon, 1975, Vol. 1
3. Anand M., Gibbon P., and Krishnamurthy M. Laser absorption in microdroplet plasmas // Europhysics Letters. – 2007. – V. 80. – P. 25002
4. Каримов А.Р., Буянов Г.О. Нелинейная динамика цилиндрических волн в изотермической плазме. Вестник НИЯУ МИФИ. 2024;13(6):373-379