

УДК 533.95

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МАГНИТОАКУСТИЧЕСКИХ И АЛЬФВЕНОВСКИХ ВОЛН В ОПТИЧЕСКИ ТОНКОЙ ПЛАЗМЕННОЙ СРЕДЕ

Белов С. А., Завершинский Д. И., Молевич Н. Е.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара, Самарский филиал Физического института имени П.Н. Лебедева РАН, г. Самара

Основной целью данной работы является описание эффектов, возникающих в результате процесса трёхволнового взаимодействия между линейно поляризованными альфвеновскими волнами и сильной акустической волной в оптически тонкой плазменной среде. Более конкретно в работе исследуется возможность усиления альфвеновских волн за счёт взаимодействия с неустойчивыми акустическими волнами.

Неустойчивость акустических волн является результатом положительной обратной связи, определяемой тепловой неустойчивостью среды. Тепловая неустойчивость в свою очередь возникает в среде при определённых типах функциональной зависимости мощностей притока и оттока энергии из среды от её температуры и плотности [1]. Ранее было показано, что акустические волны усиливаются в среде, если выполнено условие изоэнтропической тепловой неустойчивости. Кроме того, возможна генерация серии автоволновых импульсов как в газовых, так и плазменных средах [2, 3].

В свою очередь, альфвеновские волны в линейном приближении не подвержены дисперсии. По этой причине они могут распространяться на большие расстояния без существенной потери энергии. Перенос энергии из конвективной зоны солнца альфвеновскими волнами давно рассматривается как один из возможных механизмов нагрева солнечной короны [4].

Как альфвеновские, так и магнитоакустические волны являются независимыми друг от друга только в линейном приближении. Однако во втором порядке малости эти волны зависят друг от друга, и возможна перекачка энергии между волнами. В данной работе показано, что параметрическое взаимодействие может возникать в случае, когда все три волны распространяются в одном направлении [5], или в случае, если одна из альфвеновских волн распространяется в противоположном другим волнам направлении [6]. Геометрия и ход самого процесса сильно зависят от отношения скорости альфвеновских волн к скорости звуковых волн. Параметрическое взаимодействие трёх одинаково направленных волн реализуется в случае, если скорости волн равны. В случае, если скорость звука больше, то возможен распад сильной акустической волны на две противоположно направленные альфвеновские волны. В последнем случае возможен распад альфвеновской волны на противоположно направленную акустическую и альфвеновскую волны. Для данного случая нам был интересен обратный процесс, т.е. объединение акустической и альфвеновской волны.

На основе полной системы уравнений магнитной гидродинамики были получены упрощённые системы уравнений, описывающие трёхволновое взаимодействие волн с учётом отстройки частоты. Полученные системы уравнений были решены с помощью приближения стационарного взаимодействия волн и нестационарного взаимодействия длинных волн. Показано, что в случае как стационарного, так и нестационарного взаимодействия параметрический распад альфвеновской волны может привести только к модуляции волн. Однако в случае параметрического распада акустической волны возможно усиление альфвеновских волн. Более того, в случае стационарного взаимодействия в области скоростей звука

больших скорости альфвеновских волн возможна параметрическая генерация альфвеновских волн. Обе волны при этом усиливаются в противоположном направлении.

Работа частично поддержана Минобрнауки РФ в рамках Программы повышения конкурентоспособности СГАУ на 2013-2020 гг., государственного задания (проекты № 102, 608, 1451, ГР 114091840046), грантом РФФИ 14-02-97030 р_поволжье_а, стипендией Президента РФ для молодых учёных и аспирантов, осуществляющих перспективные научные исследования и разработки.

Библиографический список

1. Field G.B. Thermal instability / G.B. Field // *Astrophysical journal* – 1965. – V. 142. – P. 531-567.
2. Molevich, N. E., Zavershinsky, D. I., Galimov, R. N., and Makaryan, V. G. Traveling self-sustained structures in interstellar clouds with the isentropic instability, *Astrophys. Space Sci.* 334(1), 35-44, (2011).
3. Zavershinsky, D. I., Molevich, N.E. A magnetoacoustic autowave pulse in a heat-releasing ionized gaseous medium, *Technical Physics Letters*, 36, 676-679, (2013).
4. Osterbrock D. E. // *Astrophysical Journal*. 1961. V. 134. P. 347.
5. Zavershinsky, D. I., Molevich, N.E. Parametrical interaction of codirectional interaction of codirectional magnetoacoustic and Alfven waves at magnetoacoustic instability, *Computer optics*, 37 (4), 410-415, (2013).
6. Zavershinsky, D. I., Molevich, N.E. Alfven wave amplification as a result of nonlinear interaction with a magnetoacoustic wave in an acoustically active conducting medium, *Technical Physics Letters*, 40 (8), 701-703, (2014).