

# ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В ПЫЛЕВОЙ ПЛАЗМЕ

Сон Э.Е.

*Московский физико-технический институт*

В последние годы проведено значительное количество экспериментов по наблюдению и интерпретации гидродинамических явлений и транспортных свойств в пылевой плазме [1]. Одной из важных, нерешенных проблем является существование гидродинамической турбулентности в пылевой плазме. Теоретическое описание гидродинамических и транспортных явлений в пылевой плазме определяется следующими проблемами.

1. Пылевая плазма может существовать в термодинамически равновесной плазме, в этом случае концентрации компонент определяются параметрами частиц плазмы, аналогичным потенциалом ионизации, спектра энергий возбуждения, рассчитываемым по известным формулам, основанным на условиях ионизационного равновесия или минимизации одного из термодинамических потенциалов, радиус экранирования заряженных частиц в этом случае является дебаевским.
2. В большинстве случаев в экспериментах и в природе пылевая плазма образуется во внешних электрическом, магнитном и гравитационном полях, при наличии внешних источников ионизации и протекании плазмохимических реакций. Система переходит от термодинамически равновесной – замкнутой к открытой системе, где внешние параметры определяют концентрацию частиц под действием внешних источников ионизации, а средняя энергия частиц определяется внешним полем.
3. В большинстве экспериментов проводились наблюдения вихревых структур и изменения вязкости плазмы в условиях, когда длины свободного пробега пылевых частиц не малы по сравнению с характерными размерами неоднородностей, поэтому гидродинамическое описание и представления не адекватны системе. В частности, градиентные гипотезы (стоксовское выражение для тензора напряжений) нарушаются. В этом случае необходимо кинетическое описание пылевой плазмы.
4. В условиях, когда нарушается применимость гидродинамического описания основные гидродинамические неустойчивости тем не менее проявляются (неустойчивости Кельвина-Гельмгольца и Релея-Тейлора). Развитие этих неустойчивостей на нелинейной стадии может привести к возникновению гидродинамической турбулентности пылевой плазмы.
5. Гидродинамика пылевой плазмы имеет отличительную особенность, связанную с тем, что для размеров пылевых частиц сравнимых с длиной пробега и параметрами неоднородности среды необходим новый подход, аналогичный развиваемый в теории многофазных сред.

В докладе приведены методы и предварительные результаты по проблемам 1-5. В частности, проведена классификация пылевой плазмы по концентрации заряженных частиц и параметрам внешних полей, построены кинетические модели и приведены результаты по транспортным свойствам пылевой плазмы с анализом применимости градиентных гипотез, построена кинетическая теория гидродинамических неустойчивостей и изложен новый подход к гидродинамическому описанию пылевой плазмы.

Настоящая работа поддержана грантами Минобрнаука-CRDF(BRHE-REC-11), UNESCO-IBSP-RU-04, RFBR-05-08-.

1. В.Е.Фортвов, А.Г.Храпак, С.А.Храпак, УФН, 174, 495 (2004).
2. Son E.E. Kinetic Theory and Computer Simulations of Nonequilibrium Weak Ionized Plasma in Strong Electric Field and External Sources of Ionization (Transition the Description of LTP from Closed to Open System), 3<sup>rd</sup> MIT Conference, Elsevir, 2005

# THE THEORETICAL DESCRIPTION OF THE HYDRODYNAMICAL PHENOMENA IN DUSTY PLASMA

Son E.E. [son@mipt.ru](mailto:son@mipt.ru)

The Moscow Institute of Physics and Technology

Last years the significant amount of experiments with observation and interpretation of the hydrodynamical phenomena and transport properties in dusty plasma [1] is carried out. One of the important, unsolved problems is existence of hydrodynamical turbulence in dusty plasma. The theoretical description of the hydrodynamical and transport phenomena in dusty plasma is defined by the following problems.

1. Dusty plasma can exist in thermodynamically equilibrium plasma, in this case concentration a component are defined by plasma particles parameters similar to potentials of ionization, a excitation energy spectrum, considered on the known formulas based on conditions ionization balance or minimization of one of thermodynamic potentials, the screening radius of charged particles in this case is Debye radius.
2. In most cases in experiments and nature dusty plasma is formed in external electric, magnetic and gravitational fields, at presence of external sources of ionization and a number of plasma-chemical reactions. The system passes from thermodynamically equilibrium - closed to open system where external parameters define the concentrations of particles under action of external sources of ionization, and average energy of particles is define by an external field.
3. In the majority of experiments observations of vortical structures and measurements of viscosity of plasma in conditions when free path length of dusty particles are not small in comparison with the characteristic sizes of inhomogeneity were carried out, therefore the hydrodynamical description and representations are not adequate to the system. In particular, gradient hypotheses (Stokes expression for stress tensor) are broken. The kinetic description of dusty plasma in this case is necessary.
4. In conditions when the hydrodynamical description is invalid nevertheless the basic hydrodynamical instability like Kelvin-Helmholtz and Rayley-Taylor exist. Development of these неустойчивостей at a nonlinear stage can result in occurrence of hydrodynamical turbulence of dusty plasma.
5. The hydrodynamics of dusty plasma has the distinctive feature connected by that the new approach is necessary for the sizes of dusty particles comparable to free path length and inhomogeneity parameters similar developed in the theory of multiphase flows.

In the report methods and preliminary results on problems 1-5 are given. In particular, classification of dusty plasma by concentration of the charged particles and parameters of external fields is carried out (spent), kinetic models are constructed and results on transport properties of dusty plasma with the analysis of applicability gradientных hypotheses are given, the kinetic theory hydrodynamical instabilities is constructed and the new approach to the hydrodynamical description of dusty plasma is stated.

The research is supported by CRDF-MERF-REC-11, UNESCO-IBSP-RU-04, RFBR-05-08-

1. V.E.Fortov, A.G.Hrapak, S.A.Hrapak, УФН, 174, 495 ( 2004 ).
2. Son E.E. Kinetic Theory and Computer Simulations of Non-equilibrium Weak Ionized Plasma in Strong Electric Field and External Sources of Ionization (Transition the Description of LTP from Closed to Open System), 3rd MIT Conference, Elsevier, 2005