

# О КОРРЕКТНОСТИ ОПИСАНИЯ АЛЬФВЕНОВСКИХ ВОЛН СДВИГА НА ОСНОВЕ УПРОЩЕННОГО ЗАКОНА ОМА

Ханейчук О.В., Смирнова В.В.

*Крымская астрофизическая обсерватория*

*oleshan91@gmail.com*

Процесс распространения альфвеновских волн сдвига проанализирован с точки зрения применимости условий, позволяющих использовать закон Ома для плазмы в упрощенном виде  $\mathbf{E} = -\frac{1}{c}[\mathbf{u}, \mathbf{H}]$ . С этой целью рассмотрена простая модель, описывающая альфвеновские волны в однородной, несжимаемой, бесстолкновительной плазме в присутствии магнитного поля  $\mathbf{H}_0 = const$ , направленного по вертикали. В рамках рассматриваемого приближения предполагается, что градиент давления и механическая вязкость отсутствуют, а плазма полностью ионизована и электрически нейтральна. В качестве источника колебаний может выступать начальный импульс, приводящий слой плазмы в движение со скоростью  $\mathbf{u}$  на заданной высоте поперек силовых линий магнитного поля, после чего волна распространяется вверх и вниз вдоль силовых линий  $\mathbf{H}_0$ . Поскольку силы механической природы отсутствуют, возмущение может передаваться в соседние слои плазмы только за счет действия сил  $q\mathbf{E}$  и  $\frac{q}{c}[\mathbf{u}, \mathbf{H}_0]$  на частицы с зарядом  $q$ . Электрическое поле  $\mathbf{E}$  можно считать чисто вихревым, при условии малости токов смещения. Вопрос о применимости уравнения  $\mathbf{E} = -\frac{1}{c}[\mathbf{u}, \mathbf{H}_0]$  при этом исследовался не в связи с конечной проводимостью плазмы, а в связи с тем, что для его выполнения необходимо пренебрегать ускорениями, которые придает зарядам сила  $\mathbf{F} = q\mathbf{E} + \frac{q}{c}[\mathbf{u}, \mathbf{H}_0]$ .

В данном исследовании выявлено, что если эти ускорения пренебрежимо малы, то рассматриваемое колебание не может распространяться. Процесс может происходить только при условии, что действующие на заряды в плазме силы  $q\mathbf{E}$  и  $\frac{q}{c}[\mathbf{u}, \mathbf{H}_0]$  возникают на одной и той же высоте  $z$  с задержкой во времени относительно друг друга. Это связано с тем, что в верхнем, изначально невозмущенном, слое сила  $\frac{q}{c}[\mathbf{u}, \mathbf{H}_0]$  появляется тогда, когда появляется направленное движение со скоростью  $\mathbf{u}$ , а для этого сначала должен появиться электрический ток под действием силы  $q\mathbf{E}$ . Так как это не совместимо с выполнением равенства  $\mathbf{E}(z, t) = -\frac{1}{c}[\mathbf{u}(z, t), \mathbf{H}_0]$ , для данного типа альфвеновских волн не выполняется также и уравнение в замороженности силовых линий магнитного поля в плазму. Задержка во времени объясняется тем, что генерация вихревого поля  $\mathbf{E}$  по закону электромагнитной индукции происходит без инерции, в то время как при воздействии сил  $q\mathbf{E}$  и  $\frac{q}{c}[\mathbf{u}, \mathbf{H}_0]$  на заряды инерция присутствует. Для электронов, из-за большого отношения заряда к массе, эта инерция очень мала. Из этого следует, что при значениях магнитного поля порядка  $H_0 = 1 - 10$  Гс, эти частицы, вероятнее всего, могут участвовать в данном колебательном процессе только на очень больших частотах.

Показано, что при описании процесса с учетом всех имеющихся ускорений, скорость  $\mathbf{u}$  и возмущение магнитного поля  $\mathbf{h}$ , возникающее за счет движения зарядов в плазме, подчиняются уравнению, отличному от волнового, вследствие чего дисперсионное соотношение несколько меняется.