Проблема инжекции электронного пучка в эксперименте AWAKE в церн

1,2Горн А.А., 1,2Туев П.В., 1,2Лотов К.В., 1,2Соседкин А.П.

1Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН, г. Новосибирск, Россия,  
 [gornalexander@gmail.com](mailto:gornalexander@gmail.com)  
2Новосибирский Государственный Университет, г. Новосибирск, Россия

В настоящее время в ЦЕРН планируется проведение эксперимента AWAKE [1] по кильватерному ускорению. Традиционно частицы ускоряют в электрических полях, создаваемых высокочастотными резонаторами. В кильватерном же ускорении электрические поля создаются внутри плазменной ячейки с помощью пучка заряженных частиц или лазерного импульса, который называется драйвером. Эксперимент AWAKE уникален тем, что в качестве драйвера в нем впервые будет использоваться длинный протонный пучок. Плазменная ячейка в эксперименте изначально будет наполнена паром рубидия, через который затем будет пропущен короткий лазерный импульс, ионизующий этот пар и оставляющий за собой узкий столб плазмы с резкой границей. Затем в плазму вслед за протонным пучком будет инжектирован пучок электронов для их последующего захвата в кильватерную волну и ускорения.

Данная работа посвящена изучению отклика такого столба плазмы на плотный ультрарелятивистский пучок заряженных частиц. Прежде отклик был хорошо изучен лишь в случае бесконечной плазмы, в то время как в этой работе акцент делается на ограниченность плазменного столба и переход между линейными и нелинейными режимами отклика. В работе исследовано поведение потенциала кильватерной волны на оси плазменного столба в зависимости от плотности плазмы, исследован эффект роста потенциала при понижении плотности плазмы, а также эффект отсутствия полей за пределами плазмы.

С помощью аналитических выражений и моделирования программой LCODE [2] в работе исследованы области неоднородной плотности в эксперименте AWAKE, препятствующие инжекции электронного пучка вдоль оси системы, показана необходимость использования в эксперименте «косой» схемы инжекции. Произведено численное моделирование случая редкой плазмы, в котором линейное приближение не работает. Результаты моделирования соотнесены с аналитическими выражениями для полей и потенциала, и определена точность и область применимости последних. Исследован нелинейный отклик плазмы на пучки заряженных частиц, и, в частности, момент нарушения линейности отклика. Выявлено и объяснено явление вылета электронов из плазмы низкой плотности в контексте обсуждаемой задачи, опасное выносом этими частицами кильватерного поля за границу плазменного столба, что может помешать осуществлению инжекции электронного пучка. Продемонстрировано, что компенсирующий ток, искривляя области повышенной и пониженной плотности плазмы, не приводит к соответствующему искривлению потенциальных ям даже при малой плотности плазмы.

Литература

1. A. Caldwell, et al., Nuclear Instr. Meth. A, 2016, 829, 3-16
2. A.P. Sosedkin, K.V. Lotov, Nuclear Instr. Meth. A, 2016, 829, 350-352