

Адаптация квазистатического кода для моделирования захвата плазменных электронов в кильватерном ускорителе

И. К. Лотов

Новосибирский государственный университет
Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, Новосибирск

В последнее время все более актуальными становятся исследования, посвященные уменьшению размеров ускорителей заряженных частиц. Плазменное кильватерное ускорение – удачный для этого метод, при котором электроны ускоряются в полях, достигающих сотен ГВ/м. Особенно интересным представляется режим ускорения, при котором ускоряемый пучок формируется из захваченных волной плазменных электронов. В этом режиме возможно формировать пучки электронов с малым эмиттансом. Моделирование современных задач кильватерного ускорения требует значительных вычислительных мощностей, поэтому важно развивать эффективно их использующие коды, такие как LCODE. Он использует квазистатическое приближение, дающее выигрыш в быстродействии вплоть до 6 порядков в сравнение с моделированием из первых принципов. Однако до сих пор при исследовании захвата плазменных электронов квазистатические коды показывали только качественное согласие с кодами без дополнительных приближений.

В квазистатическом приближении частицы плазмы и пучка описываются разными физическими моделями. Для захваченной частицы необходимо сменить модель с плазменной на пучковую. Сложность заключается в том, что если это сделать напрямую, то развивается сильная численная неустойчивость, из-за которой дальнейшее моделирование становится абсолютно неправильным.

Для подавления неустойчивости шаг моделирования, на котором происходит захват плазменных частиц, вычисляется несколько раз. При пересчете быстрые частицы плазмы заменяются частицами пучка. В этот момент согласованно изменяются токи системы, чтобы не возникало скачка производной в уравнениях на электромагнитные поля. В итоге впервые в мире получилось достичь количественного совпадения тока захваченного пучка с результатами расчетов без квазистатического приближения. Предложенный подход расширяет границы применимости квазистатического приближения для исследования захвата плазменных электронов.

Научный руководитель – канд. физ.-мат. наук П.В. Туев