Электродинамическое ускорение пластинчатых лайнеров при высокой плотности тока и сопутствующие явления

А.П. Лотоцкий1, Е.В. Грабовский1, В.П. Бахтин1, А.М. Житлухин1, Н.М. Ефремов1, М.К. Крылов1, Г.Н. Хомутинников1, Ю.Н. Сулимин1, М.П. Галанин2, А.С. Родин2

1Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований, г. Троицк,
 Московская область, Россия
2Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, , г. Москва, Россия

В термоядерных экспериментах с адиабатическим сжатием плазмы открытые торцы цилиндрического лайнера необходимы для заполнения объема дейтериевой плазмой. Одновременно по этим торцам от неподвижных кольцевых контактов протекают большие токи, которые в Z-пинч конфигурации достигают величины более 10 МА. Цилиндрические оболочки под действием продольного тока должны сжиматься с радиальными скоростями 4 – 6 км/с, сохраняя полную герметичность и электропроводность. Указанные условия требуют профилирования толщины стенки лайнера на концах сжимаемой рабочей части оболочки. При этом желательно минимизировать длину концевой части с переходным сечением, поскольку она исключена из основного процесса обжатия плазмы.

Ввиду достаточно широкого диапазона, в котором варьируется энергетика эксперимента по сжатию плазмы, а соответственно, начальные условия, величины токов и размеры, желательно иметь достаточно надежный расчетный инструмент для проектирования лайнеров. Программы расчетов для центральной сжимаемой части лайнера ранее разработаны и широко используются. Чтобы создать алгоритмы и программы расчета для оптимизации переходной концевой области в рамках описанного сценария, нами проведены эксперименты с ленточным лайнером при погонной плотности тока до 200 кА/см. В этих экспериментах при превышении током критической величины 400 кА было обнаружено продольное расслоение металлической алюминиевой оболочки на две независимые части. Попытка воспроизведения подобного режима при ускорении медной ленты привела к более сложной картине расщепления токопроводящих оболочек. Обсуждается механизм разделения, косвенно подтверждаемый расчетами.

Для выполнения основной части задачи при докритических токах выполнена серия экспериментов с профилированием сечения алюминиевых пластин у токоподводящих закреплений. Эмпирически подобранный профиль сечения позволил избежать обрывов ленты на полной длине ускоряемой ленты. Все проведенные эксперименты сопровождались скоростной киносъемкой. С определенной степенью допущения такой лайнер можно считать элементом образующей сжимаемой цилиндрической оболочки. Результаты этих экспериментов использованы для сравнения с расчетными данными в процессе отработки адекватных алгоритмов решения задачи по динамическому течению концевых частей цилиндрического лайнера. В докладе также приводятся основные алгоритмы и предварительные результаты расчетов по деформации концевых профилированных частей цилиндрических оболочек с диаметром 100мм при импульсных токах до 10 М.

Выполнение работы поддержано контрактом по ФЦП № Н 4х 44.90.14.1109 и грантами РФФИ (проект № 15-01-03073, № 14-01-31496)