Моделирование влияния катодной плазмы на параметры ПЛАЗМЫ факела в диодном зазоре сильноточного электронного ускорителя «Кальмар» [[1]](#footnote-1)\*)

1,2Смирнова А.Р., 3Бойков Д.С., 1,2Казаков Е.Д., 3Ольховская О.Г., 1,2Ткаченко С.И.

1Московский физико-технический институт (Национальный исследовательский  
 институт), Долгопрудный, Россия, [anya4113@gmail.com](mailto:anya4113@gmail.com)  
2Национальный исследовательский центр “Курчатовский институт”, Москва, Россия   
3Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Москва, Россия

На сильноточном ускорителе электронов «Кальмар» (ток до 40 кА, напряжение до 350 кВ, длительность импульса порядка 100 нс, энергия электронов в пучке порядка 0,35 МэВ) проведены исследования особенностей распространения ударных волн в прозрачных полимерных материалах и их разрушения при мощном импульсном воздействии релятивистского электронного пучка (РЭП). В экспериментах с помощью ёмкостного делителя напряжения измерялось полное падение напряжения, включая его индуктивную составляющую. Расчёт тока пучка производился по измеренному падению напряжения на низкоиндуктивном шунте с известным сопротивлением. Проводилась регистрация теневых изображений диодного промежутка и мишени методом электронно-оптической хронографии. По полученным хронограммам была оценена скорость распространения катодной плазмы по направлению от катода к аноду, также были сделаны оценки плотности электронов в плазме, при которой интенсивность зондирующего лазерного излучения в плоскости его регистрации уменьшается настолько, чтобы можно было детектировать появление тени [1]. При обработке экспериментальных данных проводилась оценка унесённой массы материала с анода.

Исследовать пространственно-временное распределение параметров плазмы в диодном промежутке, которая формируется при взаимодействии двух потоков: разлетающейся с катода при взрывной эмиссии и с поверхности образца при воздействии на него сильноточного РЭП, в эксперименте затруднительно. Восполнить недостаток этих данных можно с помощью численного моделирования, в котором будут учтены данные конкретного эксперимента по мощности и длительности РЭП, по распределению энергии электронов в пучке, а также свойства исследуемых материалов.

Моделирование воздействия РЭП на исследуемый образец проводилось с помощью разработанного в ИПМ им. М.В. Келдыша РАН кода MARPLE [2]. Вычисления производились в приближении однотемпературной 3-х мерной гидродинамической модели с учетом теплопроводности и объемных потерь энергии на тормозное излучение. Энерговклад электронного пучка учитывался в форме источника в уравнении баланса энергии. Расчеты выполнены с использованием широкодиапазонных уравнений состояния вещества. Результаты расчётов унесённой массы материала анода, сравнивались с результатами, полученными в экспериментах. Данная модель была дополнена моделированием потока катодной плазмы. При моделировании потока катодной плазмы использовались оценки плотности и скорости, полученные на основании экспериментальных данных.

В результате данной работы, используя экспериментальные данные, были произведены расчёты и проанализированы результаты моделирования по взаимодействию потоков плазмы с анода и катода в диодном промежутке генератора сильноточных пучков релятивистских электронов «Кальмар».

Литература

1. Казаков Е. Д. и др. Методы лазерной теневой фотографии с электронно-оптической регистрацией в хронографическом режиме для исследования динамики плазмы в диоде генератора РЭП // Физика плазмы, 2021, том 47, № 8, с. 716–727.
2. Пакет прикладных программ высокопроизводительных магнитоускоренной плазмы / В. А. Гасилов и др. // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2011 No 20 36 с.

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/L/Lt/en/FP-Smirnova_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)