

УДК 621.793

**АЛГОРИТМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕХОДНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ РАЗЛИЧНЫХ МИШЕНЕЙ
ДЛЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА МИКРОТРОНА ТПУ**М.А. Лаппо

Научный руководитель: к.ф.-м.н. Д.А. Шкитов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: mal19@tpu.ru**ALGORITHM FOR SIMULATION OF TRANSITION RADIATION FROM VARIOUS TARGETS
FOR THE ELECTRON BEAM PARAMETERS OF A TPU MICROTRON**M.A. Lappo

Scientific Supervisor: PhD. D.A. Shkitov

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: mal19@tpu.ru

Abstract. Calculations of the generated radiation in time dynamics for different targets were carried out and spectral and angular characteristics of radiation in the GHz frequency range were obtained.

Введение. Подготовка перед проведением экспериментальных исследований на сложных установках требует предварительного моделирования. На рис. 1 изображена схема эксперимента, с помощью которой планируется зарегистрировать закрученное излучение и определить степень его «закрученности». Поэтому перед проведением измерений [1] на микротроне ТПУ было проведено несколько циклов моделирования процессов взаимодействия электронного пучка с различными мишенями в CST Studio Suite [2], работа над которыми была начата ранее [3, 4].

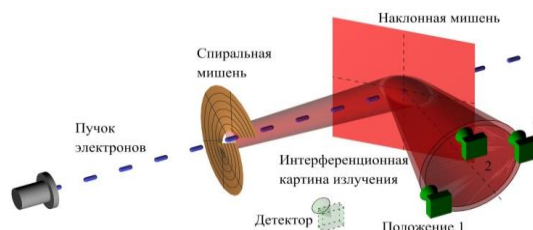


Рис. 1. Схема регистрации излучения

Экспериментальная часть. Модели мишеней были разработаны с учётом их параметризации: размеров, углов наклона мишени и их расположения относительно траектории пучка. Построены следующие модели мишеней: квадратный экран переходного излучения со стороной 300 мм, $\alpha = 45^\circ$ (угол наклона к пучку); медное кольцо $r = 10$ мм, $R = 150$ мм; геликоид, выполненный из меди, с параметрами, как у кольца и шагом спирали 150 мм; тефлоновая прямоугольная треугольная призма с катетами 171 мм и гипотенузой 241 мм, высота призмы 37 мм, прицельный параметр 15 мм. Толщина мишеней $\Delta h = 1$ мм. Мишени выполнены из двух основных материалов ПЕС (идеальный проводник), представленный серым цветом и риге соррег (чистая медь) – желтым цветом (рис. 2). Данные модели собраны в схемы (см. рис. 2).

Далее проведена настройка параметров моделирования, которые были рассчитаны или соответствуют реальному эксперименту. Такими параметрами являются: расстояния от источника до мишени 120 мм, расстояние между мишенями 300 мм, энергия пучка 5.7 МэВ, модель эмиссии по Гауссу, заряд пучка 10^{-11} Кл, диапазон частот 5-30 ГГц. Настраиваемые параметры: число ячеек разбиения и количество ячеек на длину волны указаны на рис. 2, время моделирования 2.5 нс (рис. 2а, 2б) и 3 нс (рис. 2в-д). Время моделирования подбиралось с учетом расстояний моделируемого пространства, и оценивалось, как время, затрачиваемое частицей, движущейся со скоростью света от источника до мишени и плюс время движения генерируемого излучения до края области моделирования.

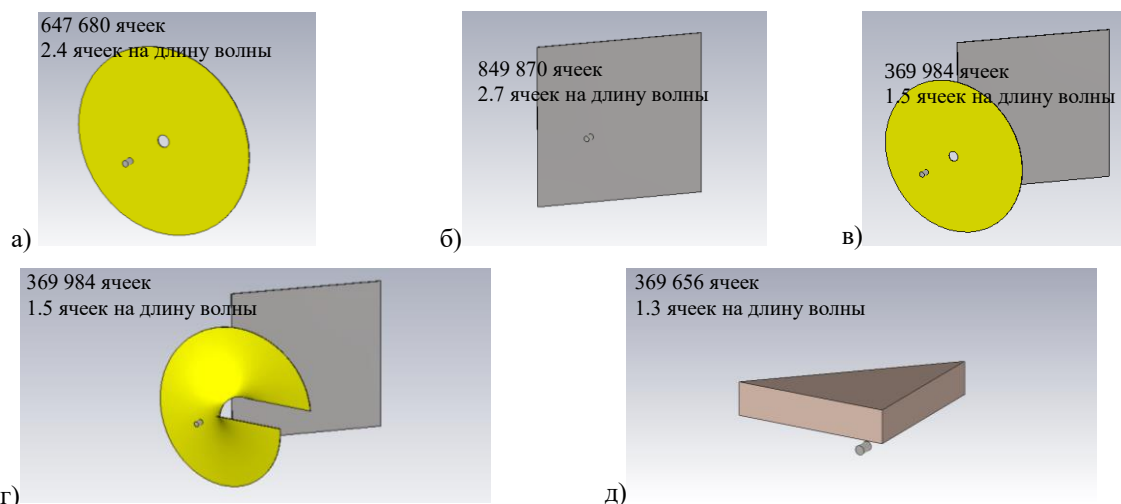


Рис. 2. Схемы моделирования: (а) круглая мишень с круглым отверстием (кольцевая мишень), (б) наклонный плоский прямоугольный экран, (в) система «кольцевая мишень + наклонный экран», (г) система «спиральная мишень + наклонный экран», (д) тефлоновая прямоугольная треугольная призма

Результаты. Для фиксации параметров излучения в CST Studio Suite для упрощения обработки данных необходимо использовать специальные инструменты, таковыми являются пробы – точки наблюдения. Пробы позволяют получить зависимость поля от времени, спектр излучения в заданной точке наблюдения для всех компонент (см. рис. 3). Пробы использовались для схем, представленных на рис. 2а, 2б. Для схем на рис. 2в-д пробы не задавались, а производилась выгрузка данных по всей временной области моделирования в каждой точке с шагом 21.5 мм. Это значительно усложнило обработку данных, так как необходимо извлекать требуемые данные из большого и в нашем случае с большим шагом сетки моделирования, что уменьшило точность расчётов. При моделировании данных для схемы на рис. 2а пробы располагались только в горизонтальной области, по причине симметрии задачи. На рис. 2б пробы располагались в горизонтальной и вертикальной плоскости. Для этих схем пробы расположены на расстоянии 300 мм с шагом 6.75 мм и в количестве 25 и 29 шт. для схем соответственно.

Заключение. Таким образом, CST Studio Suite позволяет моделировать процессы генерации переходного излучения и выдаёт результаты, сопоставимые и совпадающие с теорией в аналогичных случаях. Однако, доступ производителя в настоящее время к CST Studio Suite ограничен, дальнейшая ситуация с программным обеспечением непонятна, поэтому принято решения перейти и осваивать другое программное обеспечение – COMSOL Multiphysics.

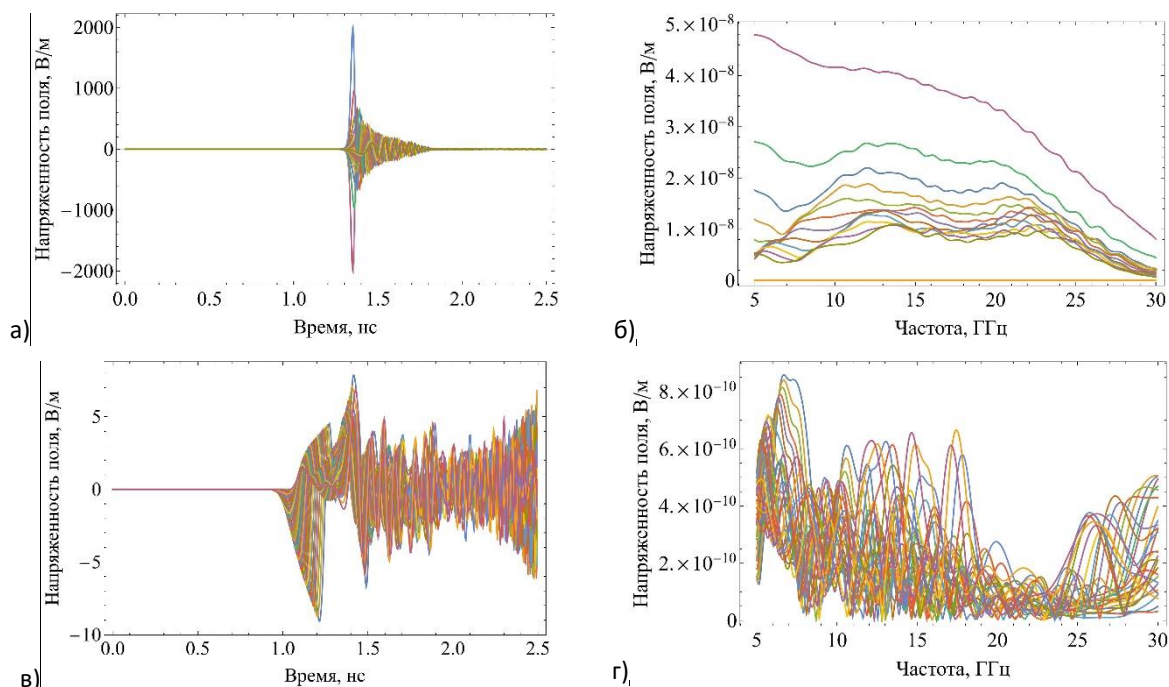


Рис. 3. Результаты моделирования: (а), (в) зависимость напряжённости поля от времени для схем на рис. 2а, б, (б), (г) спектр излучения для схем на рис. 2а, б

Работа выполнена в ТПУ при поддержке гранта: ГЗ "Наука" №19.0003.ГЗБ.2023. Расчёты выполнены на вычислительном кластере Томского политехнического университета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бердников Н.С., Шкитов Д.А., Шевелев М.В. Подготовка к эксперименту по исследованию закрученного излучения на микротроне ТПУ // Физико-технические проблемы в науке, промышленности и медицине. Сборник тезисов докладов XI Международной научно-практической конференции, г. Томск, 07-09 сентября 2022 г. – Томск: Ветер, 2022. – С. 82-83. – Режим доступа: <https://tf.tpu.ru/upload/constructor/e91/fkwzzw9b2m4zxfmvx97al94hpwidlkn1.pdf>
2. CST – Computer Simulation Technology [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cst.com> (дата обращения: 10.12.2022)
3. Лаппо М.А., Шкитов Д.А. Построение моделей мишеней переходного и черенковского излучений в CST Studio Suite // Инструментальные методы и техника экспериментальной физики: Материалы 60-й Междунар. науч. студ. конф. 10-20 апреля 2022 года. – Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2022. – С. 281. – Режим доступа: https://www.nsu.ru/upload/iblock/60d/zfewjaxdqpp520qwmtdh4y6l5pdqk4pz/МНСК_Физика_2022_б-ка.pdf
4. Лаппо М.А., Бердников Н.С., Шкитов Д.А. Разработка моделей в CST Studio Suite для моделирования поляризационного излучения // Перспективы развития фундаментальных наук: Сборник трудов XIX Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 7-ми томах, Томск, 26-29 апреля 2022 года. – Томск: НИ ТПУ, 2022. – С. 116-118. – Режим доступа: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/72915>