

информационной поддержки персонала пункта оперативного контроля кризисного центра при возможных авариях на этапе транспортировки ядерных материалов. Программная часть макета реализована в среде Windows 98/NT и содержит:

пакет программ расчетов параметров физических полей и прогноза последствий;
экспертно-расчетную систему оценки обстановки в районе аварии в условиях недостатка и неопределенности первичных данных Adept;

пакет электронных карт с характеристиками районов, дополненный программами динамического отображения оперативной обстановки в масштабе реального времени Trans, геоинформационную систему MapInfo Professional 4.1;

базы данных о конструктивно-функциональных особенностях груза, транспортных средств, участков пути;

систему управления базами данных Oracle 8 (SQL-сервер баз данных).

Испытания макета программно-аппаратного комплекса выявили согласованную и безотказную работу всех программ при имитации в режиме реального времени вариантов аварийной ситуации с различными уровнями обеспеченности исходными данными обстановки.

Поступило в Редакцию 14.09.2000

УДК 543.51/53

ВЫБОР МОДЕЛИ НАГРЕВА БОЛЬШОЙ СВИНЦОВОЙ МИШЕНИ ПРОТОНАМИ ЭНЕРГИЕЙ 5 ГэВ

Старостин В.А. (РНЦ «Курчатовский ин-т»)

В работе [1] приведены термограммы, иллюстрирующие пространственно-временное развитие разогрева свинцового блока размером $0,5 \times 0,5 \times 0,8$ м в процессе его облучения протонами энергией 5 ГэВ с учетом включений и отключений пучка. В работе [2] обращено внимание на аномальный нагрев мишени в эксперименте [1]. Нами проведено численное исследование поля температуры согласно уравнению теплопроводности в широком диапазоне его параметров. Получено сильное отличие теории и эксперимента. Удовлетворительное согласие теории и эксперимента достигнуто только после включения в уравнение конвективного члена при скорости конвекции $v = 1,511 \cdot 10^{-4}$ м/с и номинальном значении остальных параметров.

Причиной появления конвекции в твердом теле является, очевидно, сильное электромагнитное поле. Окончательно

$$\partial T / \partial t = a \Delta T - v_x \partial T / \partial x - v_y \partial T / \partial y - v_z \partial T / \partial z + fK(x, y, z)I(t),$$

где $a = 2,4181 \cdot 10^{-5}$ м²/с — температуропроводность свинца; $v_x = vx/r$, $v_y = vy/r$, $v_z = vz/r$, $r = (x^2 + y^2 + z^2)^{1/2}$; $f = 6,8595 \cdot 10^{-3}$ К/с — амплитуда источника тепла (приведена к длительности импульса 1 с при периоде их следования 9 с, токе протонов 10^{11} за импульс и полном энерговыделении); $I = 1$ или 0 в зависимости от включения или выключения источника; $K = 0$ всюду вне цилиндра диаметром и высотой, равным удвоенному пробегу протона — 0,19232 м. Этот цилиндр — источник тепла образуется радиационно-ускоренным переносом от траектории протона. Отметим, что протяженность источника тепла около 0,2 м видна и непосредственно из термограмм, приведенных в работе [1]. Начало координат выбрано в точке останова протона. Начальное условие — $T(x, y, z, 0) = T_0$, граничное условие на торцах — $T(x, y, -0,3, t) = T(x, y, 0,5, t) = T_0$, где $T_0 = 24,04$ °С — комнатная температура. Граничное условие на боковой поверхности — $\partial T / \partial x = \partial T / \partial y = 0$. Описанная задача решалась на ЭВМ методом приведения к системе жестких обыкновенных дифференциальных уравнений и ее интегрированием методом Рунге—Кутты—Мерсона четвертого—пятого порядков с автоматическим выбором шага. Оптимальную скорость конвекции $v = 1,511 \cdot 10^{-4}$ м/с определяли методом наименьших квадратов для наилучшего совпадения с экспериментом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брандт Р., Беляков Д.В., Бисплингхофф Б. и др. Исследование температурного и нейтронного полей в свинцовой среде при взаимодействии релятивистских протонов: Препринт ОИЯИ, Р-99-117, Дубна, 1999. 17 с.
2. Острецов И.Н., Пашенко В.П. Нагрев большой свинцовой мишени протонами энергией 5 ГэВ. — Атомная энергия, 2000, т. 88, вып. 4, с. 314—315.

Поступило в Редакцию 30.08.2000