**План работы по решению трехмерной задачи о распределении энергии вблизи трека тяжелой заряженной частицы с учетом процессов релаксации**

1. Рассчитываем зависимость энергии тяжелой заряженной частицы (E1) от глубины проникновения (Z(E1)) по формуле:

 (1)

где  - энергия тяжелой заряженной частицы на глубине ;  - начальная энергия тяжелой заряженной частицы (ТЗЧ);  - тормозные потери энергии ТЗЧ на электронах;  - тормозные потери энергии ТЗЧ на ядрах решетки.

1. Разбиваем весь путь, пройденный ТЗЧ до остановки, на небольшие отрезки , на которых считаем энергию ТЗЧ постоянной (равной, например, ее среднему значению на этом участке).
2. Для значения энергии ТЗЧ рассчитываем радиальный ток электронов  по формуле (20) из [1].
3. Для каждого значения этого тока вычисляем электрическое поле с учетом процессов релаксации, решая уравнение (см. (5) в [2]):

 , (2)

где - плазменная частота.

1. Общее решение этого уравнения с начальными условиями (при )

 и 

можно представить в следующем виде (см. [3]):

 (3)

Далее, интегрируя по частям, найдем

 (4)

1. В этом решении определяем момент времени , в который поле

первый раз принимает нулевое значение (см. рис. 1 в [2]).

1. Далее, используя (4), по следующей формуле (см. (17) в [3])

 (5)

определяем импульс, полученный ионами решетки от электрического поля. Используя (5) можно определить энергию, полученную ионами решетки от электрического поля:

 (6)

где - масса ионов решетки.

1. Складывая эту энергию с энергией, полученной ионами решетки при упругом рассеянии ТЗЧ (за счет ), и поделив полученное значение на постоянную Больцмана, найдем начальную температуру ионов решетки не участке . Далее, учитывая , находим начальную температуру электронов на этом участке.
2. Определив начальные температуры ионов решетки и электронов на каждом участке , получим трехмерное распределение начальных температур и . Отметим, что  тормозные потери энергии ТЗЧ на ядрах решетки следует учитывать, поскольку при уменьшении энергии ТЗЧ они становятся определяющими.
3. Используя эти полученные начальные трехмерные распределения температур электронов и ионов, на основе решения соответствующей системы уравнений, учитывающей электрон-фононное взаимодействие,

можно получить пространственно- временное распределение температур ионов решетки и электронов.

*Литература.*

1. Метелкин Е.В., Рязанов А.И. Возникновение эффективного электрического поля в трековых областях при торможении быстрых тяжелых заряженных частиц в материалах // Журнал экспериментальной и теоретической физики. – 2000, т. 117, вып. 2, с. 420-428.
2. Метелкин Е.В., Рязанов А.И., Акатьев В.А. Влияние процессов релаксации на образование электрического поля в трековых областях материалов, облучаемых быстрыми тяжелыми заряженными частицами. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, 2016, № 9 (часть 1), с. 30-35.
3. Эльсгольц Л.Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление. М.: Наука, 1965г., с. 120