МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР РОС-СИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (СПб ФИЦ РАН)

ДОКУМЕНТАЦИЯ К ПРОГРАММЕ «ДОЗА-ФЛЮЕНС»,

содержащая описание функциональных характеристик программного обеспечения и информацию, необходимую для установки и эксплуатации программного обеспечения

Аннотация

Данный документ представляет собой описание функциональных характеристик программного обеспечения и информацию, необходимую для установки и эксплуатации программного обеспечения (далее программа) «Доза-Флюенс», предназначенное для понимания принципов работы программы и обучения оператора.

Документ содержит общие сведения об аппаратном и программном обеспечении (ПО), необходимом для функционирования программы «Доза-Флюенс», описание функционального назначения, логической структуры программы, организации связей между ее составными частями и с другими программами, используемые технические средства, способы вызова и загрузки, способы ввода и описание формата входных и выходных данных.

1. Общие сведения

Программа «Доза-Флюенс» версии 5.6.12 (далее «Доза-Флюенс») написана на языке программирования MS Visual C⁺⁺. Для её работы необходимо наличие следующего ПО:

1. Операционная система Microsoft Windows XP/7/8/8.1/10 с 64-х или с 32-х разрядной архитектурой.

2. Система автоматизированного проектирования (САПР) SolidWorks версии 2012 и выше с 64-х или с 32-х разрядной архитектурой.

Базовый алгоритм расчета, используемый в программе «Доза-Флюенс», сертифицирован ФГУП «ЦНИИмаш». Программа имеет заключение Центра сертификации космической техники (ФГУП «ЦНИИмаш») о возможности ее использования в приборостроительных предприятиях космической промышленности.

2. Основные функциональные характеристики

Программа «Доза-Флюенс» предназначена для расчета поглощенных доз от заряженных частиц (ЗЧ) космического пространства (КП) в произвольно выбранных точках 3D-моделей космических аппаратов (КА), построенных в САПР SolidWorks, и эквивалентного потока (флюенса) протонов по эффектам смещения на поверхностях их компонентов – корпусах элементов, блоков, сборок.

Расчет поглощенных доз 3Ч КП в программе производится для следующих видов ионизирующих излучений (ИИ):

- электронов и протонов естественного радиационного пояса Земли (ЕРПЗ);

- электронов искусственного радиационного пояса Земли (ИРПЗ);

- протонов солнечных космических лучей (СКЛ);

- протонов галактических космических лучей (ГКЛ).

Кроме того, в программе рассчитываются следующие величины:

- суммарная поглощенная доз всех видов ИИ;

- коэффициенты ослабления поглощенной дозы по каждому виду излучения и для всех видов излучений в целом;

- вклад в процентах каждого вида излучения в суммарную дозу;

- усредненная по 4π пространству (средней) массовая толщина защиты анализируемых точек;

- поглощенные дозы (суммарная и по видам ИИ) и соответствующие коэффициенты ослабления с учетом неоднородности наполнения компонентов 3D-моделей объектов (элементов, деталей, блоков, сборок и т.п.).

- функции экранированности и самоэкранированности компонентов 3D-моделей объектов.

Расчет эквивалентного потока (флюенса) ИИ по эффектам смещения (далее эквивалентного потока) на поверхностях компонентов 3D-моделей объектов в программе «Доза-Флюенс» производится для протонов любых видов ИИ, которые имеют энергию 10 МэВ и более.

3. Описание принципа работы программы

Локальные радиационные условия на борту КА в местах расположения чувствительных к воздействию ЗЧ КП полупроводниковых элементов бортовой аппаратуры (БА) количественно характеризуются, прежде всего, массовой толщиной **X** окружающих их материалов защиты.

Поглощенная доза и эквивалентный поток (флюенс) протонов по эффектам смещения на поверхности элемента рассчитывается в произвольно выбранной точке внутри или снаружи 3D-модели KA, выполненном в САПР SolidWorks. Расчет производится на основе метода секторного («лучевого») анализа защиты элементов объекта в местах их расположения путем разбиения 4π пространства на сектора (лучи), вычисления массовой толщины защиты в [г/см²] по выбранному направлению луча и сопоставления рассчитанной таким образом массовой толщины защиты в каждом секторе соответствующей дозе [рад] или суммарному потоку протонов [протон/см²], полученным заранее методом Монте-Карло в сферической геометрии для определенной орбиты и срока активного существования (САС) КА (далее – объекта).

Сектором принято называть элементарный телесный угол вокруг направления (луча), описываемого тремя направляющими косинусами, массовая толщина вдоль которого и считается массовой толщиной в секторе.

Под защитой понимается конструкция объекта (корпуса отсеков, элементы конструкции, защитные покрытия), блоки БА, кабельная сеть и т.д.

В программе «Доза-Флюенс» для определения искомых величин в местах расположения чувствительных к воздействию ЗЧ КП элементов БА (в основном это полупроводниковые изделия электронной техники в интегральном исполнении и элементы оптоэлектроники) реализован ряд расчетных процедур:

- процедура расчета поглощенных доз в точках расположения элементов БА;
- процедура расчета коэффициентов ослабления доз;
- процедура расчета эквивалентного потока (флюенса) протонов по эффектам смещения на поверхности элемента;
- процедура расчета функций экранированности и самоэкранированности БА.

<u>Функция экранированности</u> представляет собой распределение числа лучей $m_X = f(X)$, испускаемых из расчетной точки, по значениям массовой толщины защиты X анализируемого компонента (элемента, блока БА и т.п.) и количественно определяет количество лучей m_X , попавших в соответствующий интервал ΔX значений массовой толщины защиты X. Функция экранированности задается на сетке значений толщин, перекрывающей весь диапазон возможных толщин X <u>от поверхности</u> <u>объекта до расчетной точки</u> (где расположен анализируемый компонент).

<u>Функция самоэкранированности</u> рассчитывается аналогичным образом, представляет собой распределение числа лучей $m_{X''} = f(X'')$, испускаемых из расчетной точки, по значениям массовой толщины защиты X'' анализируемого компонента (элемента, детали, блока БА и т.п.) и количественно определяет количество лучей $m_{X''}$, попавших в соответствующий интервал $\Delta X''$ значений массовой толщины защиты

$$X'' = X - X'$$

Таким образом расчет функции экранированности производится в пределах отрезка луча, длина которого ограничена геометрическим центром анализируемого компонента (элемента, детали, блока БА и т.п.) и его поверхностью.

4. Способы генерации распределения лучей (секторов)

Основным фактором, влияющим на значения поглощенной дозы и эквивалентного потока (флюенса) протонов, является способ генерации распределения (создания группы) лучей, т.е. разбиения 4*π* пространства на сектора.

Максимальная точность расчетов массовой толщины защиты X_i в местах расположения чувствительных к воздействию ЗЧ КП достигается при условии равномерности распределения лучей в 4π пространстве.

При разработке расчетных алгоритмов программы «Доза-Флюенс» реализовано три способа генерации равномерного распределения лучей по пространству 4π, обеспечивающие приемлемую для практики точность расчетов:

• *первый способ* – разбиение пространства 4π с фиксированным шагом по азимуту φ и уменьшением количества лучей по углу места λ к полюсам по закону «cos λ » (реализован в подпрограмме «MakeRays»);

• второй способ – разбиение пространства 4π с фиксированным шагом по азимуту φ , а угол места λ - по «закону sin λ » (реализован в процедуре «MakeRays2»);

третий способ – разбиение 4π пространства на сектора методом рекурсивного разбиения (рисунок 4) с использованием вписанного икосаэдра (реализован непосредственно в программе «Доза-Флюенс»).

Третий способ формирования лучей, обеспечивает наиболее равномерное разбиение 4π пространства на телесные углы (сектора) и, соответственно, повышенную точность проводимых расчетов.

5. Структурная схема

Программа «Доза-Флюенс» функционально связана с САПР SolidWorks и является её API-приложением. САПР SolidWorks снабжает описанные выше расчетные процедуры информацией о массогабаритных параметрах объекта.

Структурная схема разработанного ПО представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Структурная схема программы «Доза-Флюенс»

Файлы с таблицами соответствия поглощенной дозы массовой толщине защиты для всех видов излучений: электронов ЕРПЗ и ИРПЗ, протонов ЕРПЗ, СКЛ и ГКЛ пользователь готовит самостоятельно. Файлы с таблицами соответствия суммарного потока от протонов с энергией 10 МэВ массовой толщине защиты пользователь готовит самостоятельно.

В зависимости от выбранного пользователем способа файл со списком распределения лучей по 4π пространству для расчета поглощенной дозы заданных видов 3Ч КП и эквивалентного потока (флюенса) протонов создает программа **makeRays** (первым способом) или процедура **makeRays2** (вторым способом) или алгоритм «**Икосаэдр**», встроенный в основное тело программы «Доза-Флюенс» (третьим способом).

6. Установка и запуск программы

Для установки и корректной работы программы необходимо наличие версии системы автоматизированного проектирования (САПР) SolidWorks версии 2012 и выше. После первой установки запустите CAПP SolidWorks и вызовите диалоговое окно "Add-Ins" ("Добавления"), выполнив команду меню "Tools->Add-Ins"("Инструменты->Добавления"). В этом диалоговом окне поставьте флажок напротив строки "Доза-Флюенс". Если Ваша версия CAПP SolidWorks не подходит для запуска программы "Доза-Флюенс", Вы получите об этом сообщение.

Программа "Доза-Флюенс" по умолчанию устанавливается в директорию C:\Program Files\Doza-Fluence. В этой же директории находятся исходные данные в виде файлов table1.txt, table2.txt, table3.txt, table4.txt, table5.txt, fluence.txt, файлы со списком лучей, расположенных в виде сферы (sphere.txt), полусферы (halfsphere.txt) и ехе-файлы программы MakeRays и процедуры MakeRays2 для формирования файлов со списками лучей.

Программа "Доза-Флюенс" работает только со сборочными единицами (файлами sldasm) САПР SolidWorks. Если документ-сборка активен, то в главном меню САПР SolidWorks появится новый пункт меню - "Доза-Флюенс", состоящий из трех страниц свойств (рисунок 2):



Рисунок 2 – Элементы управления программы "Доза-Флюенс" в главном меню САПР SolidWorks

Открытие файла со сборкой (3D-моделью объекта) производится посредством команды "Файл -> Открыть", после выполнения которой в главном меню САПР SolidWorks появится новый пункт меню - "Доза-Флюенс". Документ-сборка с 3D-моделью объекта при этом становится активным.

Для запуска программы "Доза-Флюенс" и проведения расчетов, используя активный документ-сборку, выполните команду главного меню "Доза-Флюенс" ->"Рассчитать". Появится страница свойств "Программа «Доза-Флюенс»".

Выполнением указанных команд производятся загрузка и запуск программы "Доза-Флюенс" каждый раз после очередного запуска САПР SolidWorks.

7. Информация, необходимая для эксплуатации программы

Информация, необходимая для эксплуатации программы, содержит подробное описание основных информационно-управляющих элементов интерфейса программы «Доза-Флюенс», а также структуры и состава входных и выходных данных.

Страница свойств "Программа «Доза-Флюенс»"

Страница свойств "Программа «Доза-Флюенс»" состоит из трех информационно-управляющих элементов и пяти групп (рисунок 3).

Информационно-управляющие элементы представляют собой две кнопки и ссылку . Нажатие на кнопку приводит к сохранению всех введенных изменений и закрытию страницы свойств "Программа «Доза-Флюенс»". Нажатие на кнопку приводит к закрытию страницы свойств "Программа «Доза-Флюенс»" без сохранения всех введенных изменений. Нажатие на ссылку приводит к открытию настоящей справки из файла с расширением pdf.

1. Группа "Список деталей" - содержит таблицу, в которой перечислены все видимые и доступные детали сборки со своими свойствами: название компонента, плотность в г/см³, масса в граммах, неоднородность. Если флажок у выбранного компонента не активирован, то он не участвует в расчете.

Группа включает следующие элементы:

- кнопка "Редактировать выбранную деталь" открывает диалоговое окно <u>"Свойства компонента"</u>, если компонент предварительно помечен. Имеется возможность редактировать несколько компонентов одновременно, для этого их необходимо выделить, удерживая клавишу SHIFT.

Сохранить детали" открывает диалог сохранения <u>списка</u> компонентов в файл с расширением **xls.**

- кнопка "Выбрать директорию" открывает окно обзора папок, в котором необходимо указать папку, содержащую файлы с таблицами соответствия поглощенных доз всех заданных видов ЗЧ КП и суммарных потоков протонов массовой толщине сферической защиты для разных видов заряженных частиц table1.txt, table2.txt, table3.txt, table4.txt, table5.txt, fluence.txt. Текущая ди-

ректория отображена в поле справа от кнопки.



Рисунок 3 – Страница свойств "Программа «Доза-Флюенс»"

2. Группа "Точки расчета" (рисунок 4) - содержит таблицу с координатами точек (X, Y, Z), в которых производится расчет искомых величин: массовых толщин защиты в секторах, поглощенных доз всех заданных видов ЗЧ КП, эквивалентного потока (флюенса) протонов по эффектам смещения и др.

Добавить точку расчета	*
0	•
0	•
0	•
Имя точки расчета	

Рисунок 4 – Группа "Точки расчета"

Группа включает следующие элементы:

— - кнопка "Добавить точку расчета", открывает соответствующее диалоговое окно, в которой пользователь может добавить новые точки расчета:

• И - кнопка "Добавить" добавляет введенные координаты точки в список. Нажатие на кнопку закрывает диалоговое окно "Добавить точку расчета";

• Кнопка "Отменить добавление" закрывает диалоговое окно "Добавить точку расчета" без добавления точек в список;

• Готкрыть" скнопка "Загрузить точки из файла" открывает диалоговое окно "Открыть" для выбора заранее подготовленного файла со списком точек расчета;

• строка "Имя точки расчета". В строку "Имя точки расчета" вводится наименование точки, в которой производится расчет.

- кнопка "Удалить точку расчета". При нажатии на эту кнопку, удаляются выделенные точки расчета (для выделения всех точек расчета необходимо нажать на клавиши SHIFT и END одновременно).

- кнопка "Сохранить точки расчета". При нажатии на эту кнопку открывается диалоговое окно сохранения <u>списка точек расчета в файл с расшире-</u> <u>нием txt.</u>

Кнопка "Сравнить" открывает <u>диалоговое окно "Обобщенные результаты</u> <u>расчета по списку точек", которое содержит</u> таблицу с результатами расчета поглощенных доз и эквивалентных потоков (флюенсов) в точках с заданными координатами, позволяющую сравнивать полученные значения искомых величин в разных точках. Если не было выполнено ни одного расчета, то кнопка "Сравнить" не доступна.

3. Группа "Направления расчета" (рисунок 5) - содержит таблицу с направлениями (лучами) расчета поглощенных доз и эквивалентных потоков (флюенсов), заданными направляющими косинусами в формате (dX, dY, dZ).

Добавить направление рас О О О О О О О О О О О О О О О О О О О	счета		
1	Создать направления	Икосаздр	÷
Параметр создания л	лучей	[×1 1
Частота разбиения	18		1
Всего лучеи: 320			

Рисунок 5 – Группа "Направления расчета"

Группа включает следующие элементы:

• кнопка "Добавить направления расчета", открывает соответствующее диалоговое окно, в которой пользователь может добавить новые направления расчета:

• Има "Добавить" добавляет введенные направляющие косинусы в список. Нажатие на кнопку закрывает диалоговое окно "Добавить направления расчета";

• Кнопка "Отменить добавление" закрывает диалоговое окно "Добавить направления расчета" без добавления направлений в список;

• Горования из файла" открывает диалоговое окно "Открыть" для выбора заранее подготовленного файла со списком направлений расчета. При установке программы "Доза-Флюенс" по умолчанию в директории C:\Program Files\Doza-Fluence находятся файлы со списками лучей, расположенных в виде сферы (sphere.txt) и полусферы (halfsphere.txt);

• кнопка "Создать направление" - позволяет сгенерировать лучи с помощь алгоритма "Икосаэдр", реализованного непосредственно в программе. При нажатии на эту кнопку появляется диалоговое окно "Параметр создания лучей" для задания частоты разбиения 4π пространства на сектора методом рекурсивного разбиения;

- кнопка "Удалить направления расчета". При нажатии на эту кнопку, удаляются выделенные направления расчета (для выделения всех направлений расчета необходимо нажать на клавиши SHIFT и END одновременно).

4. Группа "Результаты" - содержит элементы управления для запуска процеду-

Подождите, пожал	іуйста
Выч Монолит куб 2 см-1 Осталось: 2 сек	исление пересечений для '1' I
1 сек	Cancel

ры расчета и просмотра результатов:

• кнопка "Рассчитать" запускает процедуру расчета для выбранных компонентов, текущей конфигурации точек и направлений расчета, при этом появляется окно "По-

дождите, пожалуйста..." с индикатором текущего объема вычислений. Нажатие на кнопку "Cancel" в этом окне отменяет расчет.

• кнопка "Открыть" - открывает меню, состоящее из пунктов "Модель сборки..." и "Секторную модель экрана...". Выбор пункта "Модель сборки..." открывает диалог выбора для загрузки модели сборки из файла с расширением xml. Под моделью сборки понимается база данных, содержащая списки компонентов сборки с их физическими свойствами и списки направлений расчета (направляющие косинусы) для составной части объекта (блок аппаратуры, отсек и т.п.). Открытие файла "Модель сборки..." приводит к добавлению данных о внедряемой составной части объекта (блок аппаратуры, отсек и т.п.) в существующие списки компонентов с их физическими свойствами и списки направлений расчета (направляющие косинусы) в 3D модели всего объекта. Выбор пункта "Секторную модель экрана..." открывает диалог выбора для загрузки секторной модели экрана сборки из файла с расширением txt. Под секторной моделью экрана понимается список направлений расчета (лучей) с массовой толщиной защиты на каждом направлении в формате файла секторной мо<u>дели экрана</u>. Открытие файла секторной модели экрана приводит к добавлению в существующий список компонентов 3D модели всего объекта одной детали с названием, соответствующим названию файла с секторной моделью экрана, а также к добавлению списка направлений расчета, содержащихся в этом файле.

кнопка "Результаты" - открывает меню, состоящее из пунктов "Поглощенная доза...", "Эквивалентный поток...", "Функция экранированности...", "Функция самоэкранированности..." и "Сохранить". Выбор пункта "Поглощенная доза..." открывает <u>диалоговое окно "Результаты расче-</u> та поглощенной дозы в точке" для просмотра результатов расчета поглощенных доз в одной точке, выделенной в группе "Точки расчета". Выбор пункта "Эквивалентный поток..." открывает диалоговое окно "Результаты расчета эквивалентного потока в точке" для просмотра результатов расчета эквивалентного потока протонов в одной точке, выделенной в группе "Точки расчета". Выбор пункта "Функция экранированности..." открывает диалоговое окно "Функция экранированности..." для просмотра результатов расчета функции экранированности в одной точке, выделенной в группе "Точки расчета". Выбор пункта "Функция самоэкранированности..." открывает диалоговое окно "Функция самоэкранированности..." для просмотра результатов расчета функции самоэкранированности в одной точке, выделенной в группе "Точки расчета". Выбор пункта "Сохранить" открывает новый уровень меню, состоящий из пунктов "Модель сборки...", "Секторную модель экрана..." и "Таблицу лучей...". Выбор пункта "Модель сборки..." открывает диалог сохранения модели сборки в файл с расширением xml. Выбор пункта "Секторную модель экрана..." открывает диалог сохранения секторной модели экрана в файл с расширением txt. Выбор пункта "Таблицу лучей..." открывает диалог сохранения <u>списка лучей в файл с расширением xls</u>. Если не было выполнено ни одного расчета, то кнопка "Результаты" не доступна.

5. Группа "Настройки" - позволяет пользователю изменить параметры визуализации распределения поглощенной дозы (и массовой толщины защиты) по направлениям для точки расчета, выделенной в группе "Точки расчета" и содержит следующие элементы: • окно выбора "Показать распределение дозы длиной" - при установке флажка в данном окне результат распределения дозы по направлениям будет <u>показан различной длиной лучей</u>, пропорционально поглощенной дозе. Это окно не доступно, если не было выполнено ни одного расчета;

• окно выбора "Показать распределение дозы цветом" - при установке флажка в данном окне результат распределения дозы (и массовой толщины защиты) по направлениям будет показан различным цветом лучей. Цвет лучей для минимальной и максимальной дозы настраивается кнопками "Цвет минимальной дозы" и "Цвет максимальной дозы", соответственно. Это окно не доступно, если не было выполнено ни одного расчета. При установке флажков в обоих окнах результат распределения дозы по направлениям будет сочетать в себе указанные выше свойства окон;

• кнопка **Ш "Цвет минимальной дозы"** - при нажатии на кнопку в появившемся диалоговом окне пользователь может перед запуском процедуры расчета выбрать цвет для отображения лучей в 3D окне **CAIIP SolidWorks**, а после завершения расчета – цвет лучей, показывающих направления с минимальной дозой;

• кнопка **Ш** "Цвет максимальной дозы" - используется только после завершения расчета. При нажатии на кнопку в появившемся диалоговом окне пользователь может выбрать цвет для отображения лучей, показывающих направления с максимальной дозой.

"Регулятор отображения лучей на экране" доступен после завершения расчета. При перемещении бегунка вправо (влево) производится исключение (добавление) лучей с дозой менее _____% от суммарной дозы в точке расчета 3D модели объекта графической области САПР SolidWorks.

"Регулятор прореживания лучей на экране" доступен после завершения расчета. При перемещении бегунка вправо производится прореживание (исключение) лучей по следующей схеме «номер позиции бегунка - количество отображаемых лучей»: 1 – 5120, 2 – 1280, 3 – 320, 4 – 80, 5 – 20 в точке расчета 3D модели объекта графической области САПР SolidWorks. Данный элемент группы

"Настройки" доступен только в случае генерирования лучей с помощь алгоритма "Икосаэдр".

Возможно совместное использование обоих элементов и <u>"Регулятора отобра-</u> жения лучей на экране" и "Регулятора прореживания лучей на экране". При этом пользователь может сначала произвести исключение (добавление) лучей с дозой менее _____% от суммарной дозы, а затем прореживание (исключение) лучей в точке расчета 3D модели объекта графической области CAIIP SolidWorks.

Диалоговое окно "Свойства компонента"

Диалоговое окно "Свойства компонента" содержит следующие элементы управления:

1. Имя - имя компонента;

2. Объем, см³ - объем компонента (рассчитывается CAПP SolidWorks);

3. Плотность, г/см³ - плотность компонента, считывается из общих свойств компонента. Если свойства компонента не содержат этих данных, плотность принимается равной 1 г/см³ и может быть изменена пользователем;

4. Масса, г - масса компонента, может быть изменена пользователем;

5. **Неоднородность** - коэффициент неоднородности компонента (0...1), по умолчанию – 0;

6. Кнопка "Пересчитать" - обеспечивает расчет плотности и (или) массы компонента;

7. Кнопка "Сбросить" - обеспечивает сброс текущего объема\плотности\массы на значения из внутренних свойств для компонента в CAПР SolidWorks;

8. Кнопка "**OK**" - закрывает диалоговое окно с сохранением всех изменений параметров компонента;

9. Кнопка "Cancel" - закрывает диалоговое окно (без сохранения изменений параметров компонента).

Диалоговое окно "Результаты расчета поглощенной дозы в точке"

Диалоговое окно "Результаты расчета поглощенной дозы в точке" (рисунок 6) содержит таблицу с результатами расчета поглощенной дозы в одной точке с задан-

Компонент	Р г/см3	Пересечения	X r/cm2	Лоза е (рад) / КО	Лоза в (вад) / КО	Лоза в СКЛ (рад) / КЛ	Лоза е ИРПЗ (рад) / КО	Лоза р ГКЛ (рад) / КЛ	Лоза сим (рад) / КО
Киб 10 см. о	1	320	1 36758	2000 0 (pag) - 110	2000 p (pag) - 110	2003 p 0101 (pag) 1 1.0	доосоги по (рад) по	2003 p 1101 (pag) 1110	
Монолит ки	1	320	1.36758						
Киббсмоб	1	320	1.36758						
Bce	1	320	4.10274	22.9255 / 229002	2675.84 / 58.2995	528.567 / 1364.07	22.9255 / 229002	22.9255 / 229002	3273.18 / 5079.77
Bce %				0.70 %	81.75 %	16.15 %	0.70 %	0.70 %	100.00 %
- 1									

ными координатами (X, Y, Z), а также кнопки "Сохранить" и "Закрыть".

Рисунок 6 – Диалоговое окно "Результаты расчета поглощенной дозы в точке"

Таблица результатов расчета поглощенной дозы в точке содержит следующие столбцы:

1. Компонент - имя компонента;

2. **Р**, Γ/cm^3 - плотность компонента в Γ/cm^3 ;

3. **Пересечения** - количество пересечений лучей с компонентом, в последней строке - общее количество лучей;

4. **Х**, г/см² - массовая толщина защиты каждого компонента, в последней строке - усредненная по всем лучам массовая толщина защиты **Хср**, вокруг точки расчета;

5. Доза е (рад) / КО - поглощенная доза электронов ЕРПЗ / коэффициент ослабления электронов ЕРПЗ;

6. Доза р (рад) / КО - поглощенная доза протонов ЕРПЗ / коэффициент ослабления протонов ЕРПЗ;

7. Доза р СКЛ (рад) / КО - поглощенная доза протонов СКЛ / коэффициент ослабления протонов СКЛ;

8. Доза е ИРПЗ(рад) / КО - поглощенная доза электронов ИРПЗ / коэффициент ослабления электронов ИРПЗ;

9. Доза р ГКЛ (рад) / КО - поглощенная доза протонов ГКЛ / коэффициент ослабления протонов ГКЛ;

10. Доза сум. (рад) / КО - суммарная поглощенная доза всех видов излучений / коэффициент ослабления для всех излучений.

В строке "**Bce**" нижней части таблицы отображаются значения доз / коэффициентов ослабления по каждому виду излучения и значения суммарной поглощенной дозы / коэффициента ослабления для всех видов излучений.

В строке "Все %" нижней части таблицы отображается вклад в процентах каж-

дого вида излучения в суммарную дозу.

При нажатии на кнопку "Сохранить" происходит сохранение таблицы диалогового окна "Результаты расчета поглощенной дозы в точке" в текстовом файле с расширением txt.

Кнопка "Закрыть" - закрывает диалоговое окно.

Диалоговое окно "Результаты расчета поглощенной дозы в точке" содержит данные последнего расчета. Если были изменены исходные данные, но не выполнен новый расчет, то результаты не будут соответствовать текущим исходным данным.

Диалоговое окно "Результаты расчета эквивалентного потока в точке"

Диалоговое окно "Результаты расчета эквивалентного потока в точке" (рисунок 7) содержит таблицу с результатами расчета эквивалентного потока протонов в одной точке с заданными координатами (**X**, **Y**, **Z**), а также кнопки "Сохранить" и "Закрыть".

Компонент	Р, г/см3	Пересечения	Х, г/см2	Экв. поток р, протон/см2
Куб 10 см оболочка 1	1	320	1.36758	
Монолит куб 2 см-1	1	320	1.36758	6.6247e+008
Куб 6 см оболочка 1	1	320	1.36758	
3ce	1	320	4.10274	6.6247e+008
(T	

Рисунок 7 – Диалоговое окно "Результаты расчета эквивалентного потока в точке"

Таблица результатов расчета эквивалентного потока в точке содержит следующие столбцы:

1. Компонент - имя компонента;

2. Р, Γ/cm^3 - плотность компонента в Γ/cm^3 ;

3. **Пересечения** - количество пересечений лучей с компонентом, в последней строке - общее количество лучей;

4. **Х**, г/см² - массовая толщина защиты каждого компонента, в последней строке - усредненная по всем лучам массовая толщина защиты **Хср**, вокруг точки расчета;

5. Экв. поток р, протон/см² - эквивалентный поток (флюенс) протонов по эффектам смещения на поверхности элемента в протон/см².

В ячейке на пересечении столбца «Экв. поток р, протон/см²» и строки "Все" нижней части таблицы отображается значение эквивалентного потока (флюенса) протонов, рассчитанное программой в одной точке с заданными координатами (**X**, **Y**, **Z**).

При нажатии на кнопку "Сохранить" происходит сохранение таблицы диалогового окна "Результаты расчета эквивалентного потока в точке" в текстовом файле с расширением txt.

Кнопка "Закрыть" - закрывает диалоговое окно.

Диалоговое окно "Результаты расчета эквивалентного потока в точке " содержит данные последнего расчета. Если были изменены исходные данные, но не выполнен новый расчет, то результаты не будут соответствовать текущим исходным данным.

Диалоговое окно "Обобщенные результаты расчета по списку точек"

Диалоговое окно "Обобщенные результаты расчета по списку точек" (рисунок 8) содержит таблицу с результатами расчета по всему списку точек с заданными координатами, кнопки "Сохранить", "Закрыть и выбрать", "Закрыть", а также окошко "Упрощенный вид данных".

Обобщеннь	бобщенные результаты расчета по списку точек												
Имя точки	расчета	Х, мм	Ү, мм	Ζ, мм	Доза е (рад) / КО	Доза р (рад) / КО	Доза р СКЛ (рад) / КО	Доза е ИРПЗ (рад) / КО	Дозар ГКЛ (рад) / КО	Доза сум. (рад) / КО	Экв. поток р, протон/см2	Хер, г/ем2	
1		0	0	0	22.9255 / 229002	2675.84 / 58.2995	528.567 / 1364.07	22.9255 / 229002	22.9255 / 229002	3273.18 / 5079.77	6.6247e+008	4.10274	
2		20	-20	20	294.761 / 17811	3318.8 / 47.0049	1017.42 / 708.655	294.761 / 17811	294.761 / 17811	5220.51 / 3184.94	6.98571e+008	3.14816	
3		40	-40	40	1.28019e+006 / 4.10095	40917.9 / 3.81251	176910 / 4.07553	1.28019e+006 / 4.10095	1.28019e+006 / 4.10095	4.0584e+006 / 4.09		2.07652	
Сохранить	ь 📃 Упр	ощенный	й вид дан	ных							Закрыть и выбрать	Закрыты	

Рисунок 8 – Диалоговое окно "Обобщенные результаты расчета по списку точек"

Таблица результатов расчета по списку точек содержит следующие столбцы:

1. Имя точки расчета - наименование точки, в которой производится расчет;

2. Х, мм; Ү, мм; Z, мм - координаты точки расчета;

3. Доза е (рад) / КО - поглощенная доза электронов ЕРПЗ / коэффициент ослабления электронов ЕРПЗ;

4. Доза р (рад) / КО - поглощенная доза протонов ЕРПЗ / коэффициент ослабления протонов ЕРПЗ;

5. Доза р СКЛ (рад) / КО - поглощенная доза протонов СКЛ / коэффициент ослабления протонов СКЛ;

6. Доза е ИРПЗ (рад) / КО - поглощенная доза электронов ИРПЗ / коэффициент

ослабления электронов ИРПЗ;

7. Доза р ГКЛ (рад) / КО - поглощенная доза протонов ГКЛ / коэффициент ослабления протонов ГКЛ;

8. Доза сум. (рад) / КО - суммарная поглощенная доза всех излучений / коэффициент ослабления для всех излучений;

9. Экв. поток р, протон/см² - эквивалентный поток (флюенс) протонов по эффектам смещения на поверхности элемента в протон/см²;

10. **Хср, г/см²** - средняя массовая толщина защиты.

При установке "галочки" в окошке "Упрощенный вид данных" в диалоговом окне "Обобщенные результаты расчета по списку точек" (рисунок 9) исключаются столбцы со значениями поглощенных доз по видам излучения.

Обобщенные результаты расчета по списку точек										
Имя точки расчета	Х, мм	Ү, мм	Z, мм	Доза сум. (рад) / КО	Экв. поток р, протон/см2	Хср, г/см2				
1	0	0	0	3273.18 / 5079.77	6.6247e+008	4.10274				
2	20	-20	20	5220.51 / 3184.94	6.98571e+008	3.14816				
3	40	-40	40	4.0584e+006 / 4.09		2.07652				
Сохранить 🔽 Упрощенный вид данных Закрыть и выбрать Закрыть										

Рисунок 9 – Упрощенный вид данных в диалоговом окне "Обобщенные результаты расчета по списку точек"

При нажатии на кнопку "**Сохранить**" открывается диалоговое окно сохранения результатов расчета по точкам в файле с расширением **txt**.

При нажатии на кнопку "Закрыть и выбрать" происходит закрытие диалогового окна и визуализация результатов расчета в точке с выбранными координатами.

Кнопка "Закрыть" - закрывает диалоговое окно.

Диалоговое окно "Обобщенные результаты расчета по списку точек" содержит данные последнего расчета. Если были изменены исходные данные, но не выполнен новый расчет, то результаты не будут соответствовать текущим исходным данным.

Диалоговое окно "Функция экранированности"

Диалоговое окно "Функция экранированности" (рисунок 10) содержит график и таблицу с результатами расчета функции экранированности, кнопки "Сохранить график...", "Сохранить таблицу...", "ОК", "Выберите шаг dX по оси X, г/см²", а также окошко задания значения шага dX по оси X (массовой толщины защиты в г/см²).



Рисунок 10 – Диалоговое окно "Функция экранированности"

Таблица результатов расчета функции экранированности содержит следующие столбцы:

1. Интервал X, г/см² – интервал значений массовой толщины защиты;

2. N – количество лучей, попавших в соответствующий интервал значений массовой толщины защиты;

3. Доза е (рад) / КО - поглощенная доза электронов ЕРПЗ / коэффициент ослабления электронов ЕРПЗ;

4. Доза р (рад) / КО - поглощенная доза протонов ЕРПЗ / коэффициент ослабления протонов ЕРПЗ;

5. Доза р СКЛ (рад) / КО - поглощенная доза протонов СКЛ / коэффициент ослабления протонов СКЛ;

6. Доза е ИРПЗ (рад) / КО - поглощенная доза электронов ИРПЗ / коэффициент ослабления электронов ИРПЗ;

7. Доза р ГКЛ (рад) / КО - поглощенная доза протонов ГКЛ / коэффициент ослабления протонов ГКЛ;

8. Доза сум. (рад) / КО - суммарная поглощенная доза всех видов излучений / коэффициент ослабления для всех видов излучений.

При нажатии на кнопку "Сохранить график..." открывается стандартное диалоговое окно "Сохранить как" сохранения графика функции экранированности в файле с расширением png или jpg.

При нажатии на кнопку "Сохранить таблицу..." открывается диалоговое окно сохранения таблицы с результатами расчета функции экранированности в файле с расширением txt.

Кнопка "ОК" - закрывает диалоговое окно.

re шаг dX по оси X, г/см2 🛛 🖄
1
OK Cancel

При нажатии на кнопку **"Выберите шаг dX по оси X, г/см²"** открывается одноименное диалоговое окно, в котором пользователь может произвести ручной ввод значения шага dX по оси X в г/см².

Нажатие на кнопку "**OK**" закрывает диалоговое окно и сохраняет все изменения параметра. Нажатие на кнопку "**Cancel**" в этом окне отменяет ввод значения шага dX.

При изменении значения шага dX по оси массовой толщины защиты X [г/см²] в диалоговом окне **"Функция экранированности"** происходит автоматический перерасчет функции экранированности, изменение графика, а также изменение значений всех приведенных в таблице величин.

Диалоговое окно "Функция экранированности" содержит данные последнего расчета. Если были изменены исходные данные, но не выполнен новый расчет, то результаты не будут соответствовать текущим исходным данным.

Диалоговое окно "Функция самоэкранированности"

Диалоговое окно "Функция самоэкранированности" (рисунок 11) содержит график и таблицу с результатами расчета функции самоэкранированности, кнопки "Сохранить график...", "Сохранить таблицу...", "ОК", "Выберите шаг dX по оси X, г/см²", а также окошко ввода значения шага dX по оси X (массовой толщины защиты в г/см²).



Рисунок 11 – Диалоговое окно "Функция самоэкранированности"

Таблица результатов расчета функции самоэкранированности содержит следующие столбцы:

1. Интервал X, г/см² – интервал значений массовой толщины защиты;

2. N – количество лучей, попавших в соответствующий интервал значений массовой толщины защиты;

3. Доза е (рад) / КО - поглощенная доза электронов ЕРПЗ / коэффициент ослабления электронов ЕРПЗ;

4. Доза р (рад) / КО - поглощенная доза протонов ЕРПЗ / коэффициент ослабления протонов ЕРПЗ;

5. Доза р СКЛ (рад) / КО - поглощенная доза протонов СКЛ / коэффициент ослабления протонов СКЛ;

6. Доза е ИРПЗ (рад) / КО - поглощенная доза электронов ИРПЗ / коэффициент ослабления электронов ИРПЗ;

7. Доза р ГКЛ (рад) / КО - поглощенная доза протонов ГКЛ / коэффициент ослабления протонов ГКЛ;

8. Доза сум. (рад) / КО - суммарная поглощенная доза всех видов излучений / коэффициент ослабления для всех видов излучений.

При нажатии на кнопку "**Сохранить график...**" открывается стандартное диалоговое окно "**Сохранить как**" сохранения графика функции самоэкранированности в файле с расширением **png** или **jpg**.

При нажатии на кнопку "Сохранить таблицу..." открывается диалоговое окно сохранения таблицы с результатами расчета функции самоэкранированности в файле с расширением **txt**.

Кнопка "ОК" - закрывает диалоговое окно.

Выбери	те шаг dX по оси X, г/см2
Шаг	1
	OK Cancel

При нажатии на кнопку **"Выберите шаг dX по оси X, г/см²"** открывается одноименное диалоговое окно, в котором пользователь может произвести ручной ввод значения шага dX по оси X в г/см².

Нажатие на кнопку "**OK**" закрывает диалоговое окно и сохраняет все изменения параметра. Нажатие на кнопку "**Cancel**" в этом окне отменяет ввод значения шага dX.

При изменении значения шага dX по оси массовой толщины защиты X [г/см²] в диалоговом окне **"Функция самоэкранированности"** происходит автоматический перерасчет функции самоэкранированности, изменение графика, а также изменение значений всех приведенных в таблице величин.

Диалоговое окно "Функция самоэкранированности" содержит данные последнего расчета. Если были изменены исходные данные, но не выполнен новый расчет, то результаты не будут соответствовать текущим исходным данным.

Страница свойств элемента управления «Найти компонент»

Пункт "Доза-Флюенс" главного меню CAПP SolidWorks (программа «Доза-Флюенс») кроме элемента "Рассчитать" содержит элемент управления "Найти компонент" (рисунок 12), который предназначен для поиска необходимых компонентов в больших сборках 3D модели объекта.

Найти компонент	?
✓ ×	
Список деталей	\$
Что искать	
	•
Где искать	
В имени детали (компонента)	-
Найти	
Настройки	\$
🗌 Учитывая регистр	
🔲 Все слово	
Направление	
• Вниз	
🔘 Вверх	

Рисунок 12 – Страница свойств элемента управления "Найти компонент"

После выполнения команды главного меню "Доза-Флюенс - >Найти компонент" в левой панели окна CAПP SolidWorks появится страница свойств "Найти компонент", которая состоит из двух групп:

1. Группа "Список деталей" состоит из текстового поля "Что искать", предназначенного для ввода названия компонента, и текстового поля "Где искать", предназначенного для ввода места поиска из двух вариантов "В имени детали (компонента)" или "В имени файла детали", а также кнопки "Найти";

2. Группа "Настройки" содержит два окна выбора: "Учитывая регистр", "Все слово" и две формы выбора направления поиска в списке компонентов "Вниз" или "Вверх".

При нажатии на кнопку "**Найти**" производится поиск необходимого компонента с заданными параметрами и если таковой будет найден, то в графическом окне **CAIIP SolidWorks** он будет помечен цветом и увеличен в размерах.

Формат файлов с таблицей массовых толщин защиты и соответствующих им доз

Файлы (расширение txt) с таблицами массовых толщин защиты и соответствующих им доз должны содержать следующую информацию:

1. table1.txt - таблица массовых толщин защиты и соответствующих им доз электронов ЕРПЗ;

2. table2.txt - таблица массовых толщин защиты и соответствующих им доз протонов ЕРПЗ;

3. table3.txt - таблица массовых толщин защиты и соответствующих им доз протонов СКЛ;

4. table4.txt - таблица массовых толщин защиты и соответствующих им доз электронов ИРПЗ;

5. table5.txt - таблица массовых толщин защиты и соответствующих им доз протонов ГКЛ.

Каждая строка файла содержит данные в следующем формате:

(массовая толщина защиты) (доза), где

• (массовая толщина защиты) - число задающее массовую толщину защиты в г/см²;

• (доза) - число задающее дозу в радах для соответствующей массовой толщины защиты.

Если файл содержит несколько строк с одинаковой массовой толщиной защиты, то считывается первая строка, все остальные игнорируются.

Допускаются следующие разделители для задания данных:

- •
- пробел
- (
- •
- символ табуляции

Если один или несколько файлов отсутствуют, пользователь получит соответствующее предупреждение, на работу программы это не повлияет.

Формат файла с таблицей массовых толщин защиты и соответствующих им суммарных потоков

Файл (расширение **txt**) с таблицей массовых толщин защиты и соответствующих им суммарных потоков должен содержать следующую информацию:

fluence.txt - таблица массовых толщин защиты и соответствующих им суммарных потоков протонов. Каждая строка файла содержит данные в следующем формате:

(массовая толщина защиты) (суммарный поток), где

• (массовая толщина защиты) - число задающее массовую толщину защиты в г/см²;

• (суммарный поток) - число задающее суммарный поток протонов с энергией 10МэВ, протон/см² для соответствующей массовой толщины защиты.

Если файл содержит несколько строк с одинаковой массовой толщиной защиты, то считывается первая строка, все остальные игнорируются.

Допускаются следующие разделители для задания данных:

- ,
- пробел
- (
- •

• символ табуляции

Если файл отсутствуют, пользователь получит соответствующее предупреждение, на работу программы это не повлияет.

Формат файла (таблицы) со списком компонентов

Файл (таблица) со списком компонентов (расширение xls) содержит следующие столбцы:

- **пате** наименование компонента;
- **volume** объем компонента в cm^3 ;
- **density** плотность компонента в r/cm^3 ;
- **mass** масса компонента в граммах;
- **heterogeneous** неоднородность компонента (0...1).

Формат файла (таблицы) со списком лучей, формируемых процедурой MakeRays2

Файл (таблица) со списком лучей (расширение xls) содержит следующие столбцы:

- **Х** направляющий косинус луча по оси Х;
- **У** направляющий косинус луча по оси Y;

- **Z** направляющий косинус луча по оси Z;
- **mass-len** массовая толщина защиты в направлении луча в г/см²;
- **dispersion** дисперсия массовой толщины защиты в направлении луча;
- mass-len-ef массовая толщина защиты в направлении луча от внешней поверхности объекта (извне) до поверхности детали в г/см²;

• mass-len-fis - массовая толщина защиты в направлении луча из центра (заданной точки) детали до поверхности детали г/см²;

- е поглощенная доза электронов ЕРПЗ в направлении луча в радах;
- **р** поглощенная доза протонов ЕРПЗ в направлении луча в радах;
- **p-skl** поглощенная доза протонов СКЛ в направлении луча в радах;
- **p-gkl** поглощенная доза протонов ГКЛ в направлении луча в радах;
- e-irp поглощенная доза электронов ИРПЗ в направлении луча в радах;
- **all** суммарная поглощенная доза всех видов излучений в направлении

луча в радах;

• **parts** - список компонентов, через которые прошел луч, от внешней стороны к точке расчета.









б) распределение дозы длиной и цветом лучей

в) распределение дозы цветом лучей



г) Отображение и прореживание лучей на экране

Рисунок 13 – Примеры визуализации результатов расчета

Программа "MakeRays"

Программа "**MakeRays**" предназначена для формирования файла со списком направлений расчета (лучей), выходящих из одной точки в виде сферы или в виде полусферы, посредством разбиения пространства 4π с фиксированным шагом по азимуту φ и постепенным уменьшением количества лучей *m* к полюсам по закону «косинуса угла места λ ».

Эти файлы используются в программе "Доза-Флюенс" как исходные данные для расчета поглощенных доз всех заданных видов ЗЧ КП и эквивалентных потоков (флюенсов) протонов в произвольно выбранной точке трехмерного объекта.

Пользователь может задать необходимое количество лучей по двум полярным углам.

Для запуска программы необходимо запустить файл makeRays.exe находящийся по умолчанию, после установки программы "Доза-Флюенс", в директории C:\Program Files\ Doza-Fluence. В результате запуска появится диалоговое окно DOS:\ (рисунок 14)

🔤 H:\Program Files\Doza\makeRays.exe	- 🗆 🗙
Welcome to rays generation program Please enter the rays configuration: 1-sphere, 2-half sphere, 0-exit:1 Please enter the number of longitude nFi [360]:100 Please enter the number of latitude nO [180]:50 Please enter the output file name [rays.txt]:100x50.txt_	

Рисунок 14 – Интерфейс программы "MakeRays"

В этом окне необходимо последовательно отвечать на запросы программы и сопровождать их нажатием клавиши Enter.

Первая строка представляет собой приветствие программы.

Вторая строка предлагает ввести цифру соответствующую выбранной задаче: 1 - файл со списком направлений расчета в виде сферы, 2 - файл со списком направлений расчета в виде полусферы, 0 - выход из программы. После ввода цифры необходимо нажать Enter.

Третья строка предлагает ввести количество направлений расчета по одному из полярных углов. После ввода количества направлений расчета необходимо нажать клавишу Enter.

Четвертая строка предлагает ввести количество направлений расчета по другому

полярному углу. После ввода количества направлений расчета необходимо нажать клавишу Enter.

Пятая строка предлагает присвоить имя создаваемому файлу (например, rayz.txt). После ввода имени файла необходимо нажать клавишу **Enter**.

В результате работы программы в директории C:\Program Files\Doza-Fluence появится файл с выбранным названием, содержащий список направлений расчета <u>в заданном формате</u>.

Процедура MakeRays2

Процедура **MakeRays2** предназначена для формирования файла со списком лучей, выходящих из одной точки равномерно в виде сферы, посредством разбиения пространства 4π по критерию равенства элементарных телесных углов (с фиксированным шагом по азимуту φ , а угол места λ по «закону sin λ »). Для ее работы необходимо наличие программы, позволяющей работать с файлами, имеющими расширение ***.xls**, и поддерживающей выполнение макросов.

Для запуска процедуры необходимо открыть файл makeRays2.xls, на листе "Исходные данные" появится интерфейс процедуры "MakeRays2" (рисунок 15). Если в процессе открытия файла makeRays2.xls появится сообщение системы безопасности о содержании макросов в указанном файле, необходимо разрешить их использование.

:	Файл Пр	авка <u>В</u> ид	Вст <u>а</u> вка	Фор <u>м</u> ат	С <u>е</u> рвис	<u>Д</u> анные	<u>О</u> кно	<u>С</u> прави	(a
1	💕 🛃 🛛	3 🔒 🖂	💁 🍣 🕻	1 🕹 🗈	🔁 • <	3 - 0 -	(21 -	🧕 Σ	
		•	fx						
	A	В	C	D		E		F	G
1	к=	2	Число точ	іек по углу	места	(180 град) _		
2	m=	4	Число точ	іек по азим	луту (36	О град)	116	эресчит	гать лучи
3	N=	10	Общее ко	личество .	лучей				
4	SIN_Lo=	0,8							
5	Lo=	0,927295							
6	Градусы	53,1301	Граница п	Граница приполярного круга					
7									
	ны Мо	ходные да	анные / Сг	чисок луче	й/				

Рисунок 15 – Интерфейс процедуры "MakeRays2"

Необходимое количество лучей задается по двум полярным углам: азимуту \Box и углу места λ . Для этого необходимо ввести в поле B1 количество лучей k по углу места в диапазоне от 0 до 180 градусов, а в поле B2 количество лучей m по азимуту в диапазоне от 0 до 360 градусов.

Для формирования списка лучей необходимо нажать на кнопку "Пересчитать лучи". В результате на листе "Список лучей" появится список лучей. Для использования этого списка в программе "Доза-Флюенс" необходимо скопировать этот список в текстовый файл, созданный, например, в стандартной программе Windows – Блокнот (Программы -> Стандартные -> Блокнот). При этом необходимо помнить, что разделителями разрядов в текстовом файле должны быть точки.

Формат файла со списком точек расчета

Каждая строка текстового файла (расширение txt) со списком точек расчета содержит координаты одной точки в следующем формате:

(**X**, **Y**, **Z**), размерность – м.

Допускаются следующие разделители для задания данных:

- ,
- пробел
- (
-)
- символ табуляции.

Формат файла со списком направлений расчета (лучей), формируемого программой MakeRays

Файл (расширение txt) со списком направлений расчета (лучей) формирует программа **MakeRays**. Каждая строка файла со списком направлений расчета содержит данные одного направления в следующем формате:

(**dX, dY, dZ**) (**X, Y, Z**), где

• (dX, dY, dZ) - задают направление в декартовых координатах и являются необходимыми данными для добавления направления;

• (X, Y, Z) - задают смещение направления в декартовых координатах.

Эти данные не являются обязательными и могут не указываться. В этом случае они принимаются равными (0, 0, 0).

Допускаются следующие разделители для задания данных:

- ,
- пробел
- (
- •
- символ табуляции.

Формат файла со списком направлений расчета (лучей), формируемых процедурой MakeRays2

Файл (расширение **xls**) со списком направлений расчета (лучей) формирует процедура <u>MakeRays2</u>.xls, которая выводит на отдельный лист "Список лучей". Каждая строка этого листа файла содержит данные одного луча в следующем формате:

 $(\mathbf{dX}, \mathbf{dY}, \mathbf{dZ}),$

где

• (dX, dY, dZ) – задают направление луча в декартовых координатах и являются необходимыми данными для добавления луча.

Формат файла модели сборки

Файл (расширение **xls**) содержит результаты расчета программы «Доза-Флюенс» для сборки (3D-модели объекта) в виде таблицы со следующими столбцами:

Х - направляющий косинус луча по оси х;

Ү - направляющий косинус луча по оси у;

Z - направляющий косинус луча по оси z;

mass-len - массовая толщина защиты в направлении луча в г/см²;

dispersion - дисперсия толщины защиты в направлении луча;

mass-len-ef - массовая толщина защиты в направлении луча от внешней поверхности объекта (извне) до поверхности детали в г/см²;

mass-len-fis - массовая толщина защиты в направлении луча из центра (заданной точки) детали до поверхности детали г/см²;

е - поглощенная доза электронов ЕРПЗ в направлении луча в радах;

р - поглощенная доза протонов ЕРПЗ в направлении луча в радах;

p-skl - поглощенная доза протонов СКЛ в направлении луча в радах;

e-irp - поглощенная доза электронов ИРПЗ в направлении луча в радах;

all – суммарная поглощенная доза всех видов излучений в направлении луча в радах;

parts - список компонентов, через которые прошел луч, от внешней стороны к точке расчета.

Формат файла секторной модели экрана

Каждая строка текстового файла (расширение txt) содержит данные в следующем формате:

(dX) (dY) (dZ) (массовая толщина защиты на направлении) (дисперсия), где:

• (дисперсия) - число равное сумме по компонентам произведений массовой толщины защиты каждого компонента на направлении и коэффициента неоднородности этого компонента.

Допускается (дисперсию) не включать в состав файла, скобки тоже не являются обязательным элементом.

Допускаются следующие разделители для задания данных:

- ,
- пробел
- (
-)
- символ табуляции.