

## **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 информацию, необходимую для эксплуатации  
экземпляра программного обеспечения, предоставленного  
для проведения экспертной проверки**

## Аннотация

Данный документ представляет собой описание основных сведений, необходимых для эксплуатации экземпляра программного обеспечения «Доза-Флюенс», предоставленного для проведения экспертной проверки.

## 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/см<sup>3</sup>, 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 "[Свойства компонента](#)", если компонент предварительно помечен. Имеется возможность редактировать несколько компонентов одновременно, для этого их необходимо выделить, удерживая клавишу **SHIFT**.

 - кнопка "Сохранить детали" открывает диалог сохранения [списка 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 директория отображена в поле справа от кнопки.

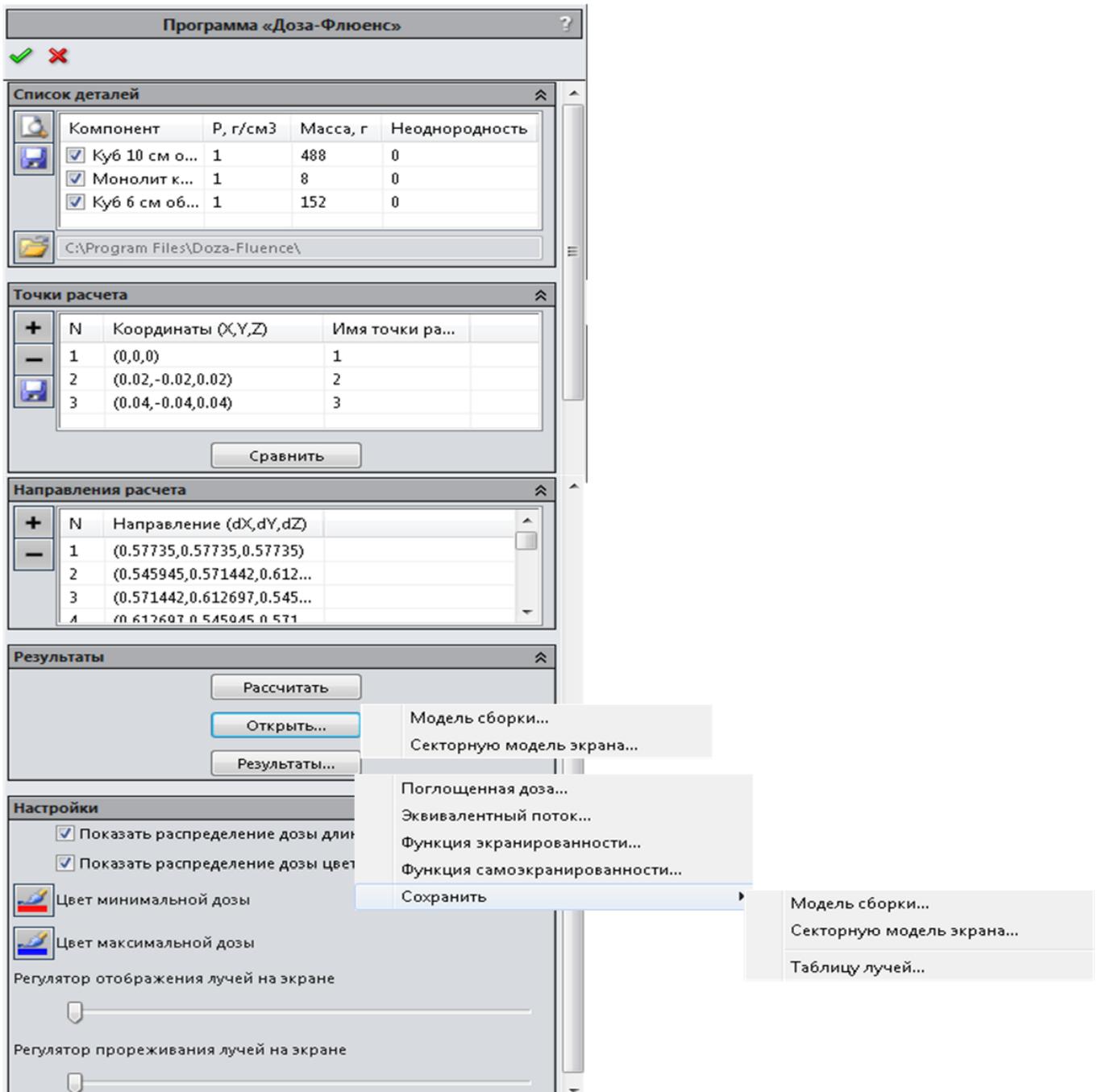


Рисунок 3 – Страница свойств "Программа «Доза-Флюенс»"

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.

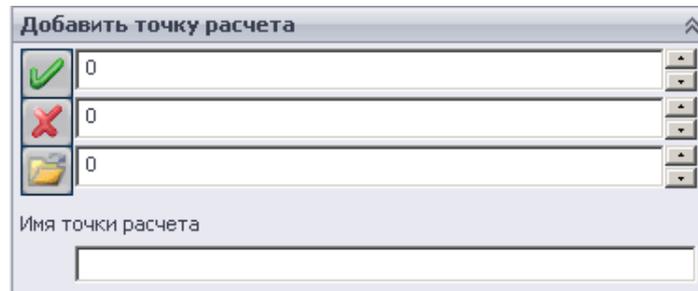


Рисунок 4 – Группа "Точки расчета"

Группа включает следующие элементы:

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

-  - 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;

-  - кнопка "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 [списка точек расчета в файл с расширением txt](#).

Кнопка "**Сравнить**" открывает [диалоговое окно "Обобщенные результаты расчета по списку точек"](#), которое содержит 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**).

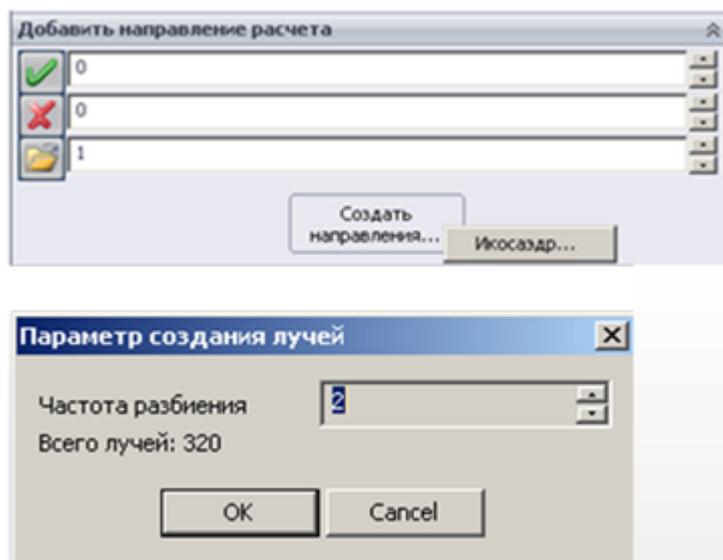


Рисунок 5 – Группа "Направления расчета"

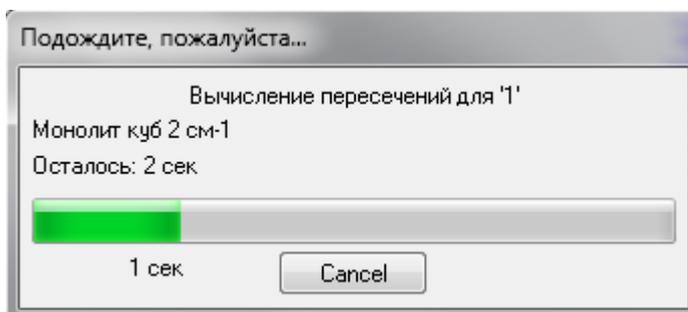
Группа включает следующие элементы:

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

-  - кнопка "**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;
-  - кнопка "**Загрузить направления 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 помощью алгоритма "**Икосаэдр**", реализованного непосредственно в программе. При нажатии на эту кнопку появляется диалоговое окно "**Параметр создания лучей**" для задания частоты разбиения  $4\pi$  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 процедуры



расчета и просмотра результатов:

- кнопка "**Рассчитать**" - запускает процедуру расчета для выбранных компонентов, текущей конфигурации точек и направлений расчета, при этом появляется окно "**Подождите, 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 модели экрана](#). 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 [диалоговое окно "Результаты расчета 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 сохране-

ния [списка лучей в файл с расширением xls](#). 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 [показан различной длиной лучей](#), 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  **"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 **САПР SolidWorks**, а после завершения расчета – цвет лучей, показывающих направления с минимальной дозой;

- кнопка  **"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 помощью алгоритма **"Икосаэдр"**.

Возможно совместное использование обоих элементов и **"Регулятора отображения 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 **САПР SolidWorks**.

### **Диалоговое окно "Свойства компонента"**

Диалоговое окно **"Свойства компонента"** содержит следующие элементы управления:

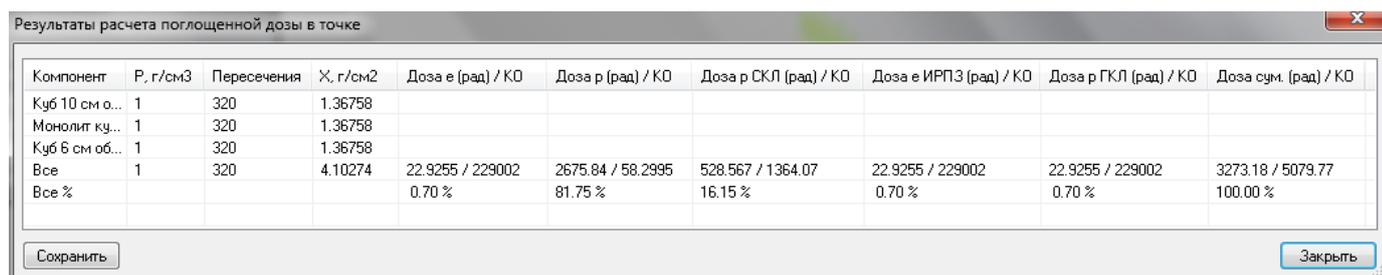
1. **Имя** - имя компонента;
2. **Объем, см<sup>3</sup>** - объем компонента (рассчитывается **САПР SolidWorks**);
3. **Плотность, г/см<sup>3</sup>** - плотность компонента, считывается из общих свойств компонента. Если свойства компонента не содержат этих данных, плотность принимается равной 1 г/см<sup>3</sup> 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 **САПР SolidWorks**;
8. Кнопка **"ОК"** - закрывает диалоговое окно с сохранением всех измене-

ний 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 заданными координатами (**X, Y, Z**), а также кнопки "**Сохранить**" и "**Закреть**".



Компонент	Р, г/см3	Пересечения	X, г/см2	Доза е (рад) / КО	Доза р (рад) / КО	Доза р СКЛ (рад) / КО	Доза е ИРПЗ (рад) / КО	Доза р ГКЛ (рад) / КО	Доза сум. (рад) / КО
Куб 10 см о...	1	320	1.36758						
Монолит ку...	1	320	1.36758						
Куб 6 см об...	1	320	1.36758						
Все	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
Все %				0.70 %	81.75 %	16.15 %	0.70 %	0.70 %	100.00 %

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, г/см<sup>3</sup>** - плотность компонента в г/см<sup>3</sup>;
3. **Пересечения** - количество пересечений лучей с компонентом, в последней строке - общее количество лучей;
4. **X, г/см<sup>2</sup>** - массовая толщина защиты каждого компонента, в последней строке - усредненная по всем лучам массовая толщина защиты **X<sub>ср</sub>**, 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 "**Все**" 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 каждого вида излучения в суммарную дозу.

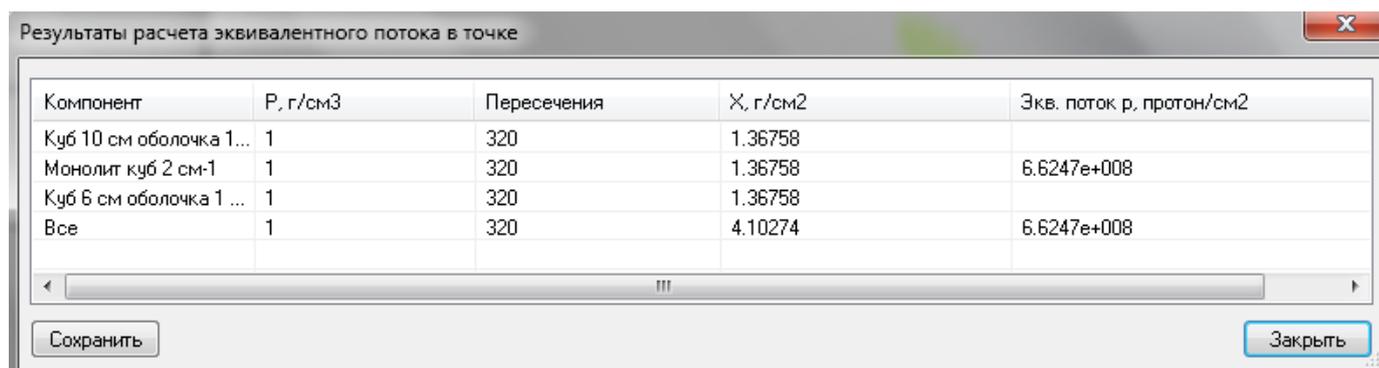
При нажатии на кнопку "**Сохранить**" происходит сохранение таблицы диалогового окна "**Результаты расчета поглощенной дозы в точке**" в текстовом файле с расширением **txt**.

Кнопка "**Закреть**" - 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 "**Закреть**".



Компонент	P, г/см <sup>3</sup>	Пересечения	X, г/см <sup>2</sup>	Экв. поток p, протон/см <sup>2</sup>
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	
Все	1	320	4.10274	6.6247e+008

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. **P, г/см<sup>3</sup>** - плотность компонента в г/см<sup>3</sup>;
3. **Пересечения** - количество пересечений лучей с компонентом, в послед-

ней строке - общее количество лучей;

4.  $X$ , г/см<sup>2</sup> - массовая толщина защиты каждого компонента, в последней строке - усредненная по всем лучам массовая толщина защиты  $X_{ср}$ , вокруг точки расчета;

5. **Экв. поток  $p$ , протон/см<sup>2</sup>** - эквивалентный поток (флюенс) протонов по эффектам смещения на поверхности элемента в протон/см<sup>2</sup>.

В ячейке на пересечении столбца «**Экв. поток  $p$ , протон/см<sup>2</sup>**» 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 "Заккрыть" - 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"(рисунк 8) содержит таблицу с результатами расчета по всему списку точек с заданными координатами, кнопки "Сохранить", "Заккрыть и выбрать", "Заккрыть", а также окошко "Упрощенный вид данных".

Имя точки расчета	X, мм	Y, мм	Z, мм	Доза е (рад) / КО	Доза р (рад) / КО	Доза р СКЛ (рад) / КО	Доза е ИРПЗ (рад) / КО	Доза р ГЛ (рад) / КО	Доза сум. (рад) / КО	Экв. поток $p$ , протон/см <sup>2</sup>	$X_{ср}$ , г/см <sup>2</sup>
1	0	0	0	22.9255 / 229002	2675.64 / 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

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. **X, мм; Y, мм; Z, мм** - координаты точки расчета;
3. **Доза е (рад) / КО** - поглощенная доза электронов ЕРПЗ / коэффициент

ослабления электронов ЕРПЗ;

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

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

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

7. Доза  $p$  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  $p$ , протон/см<sup>2</sup> - эквивалентный поток (флюенс) протонов по эффектам смещения на поверхности элемента в протон/см<sup>2</sup>;

10.  $X_{ср}$ , г/см<sup>2</sup> - 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.

Имя точки расчета	X, мм	Y, мм	Z, мм	Доза сум. (рад) / КО	Экв. поток p, протон/см2	Xср, 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

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 "Закреть и выбрать" происходит закрытие диалогового окна и визуализация результатов расчета в точке с выбранными координатами.

Кнопка "Закреть" - 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/см<sup>2</sup>", а также окошко задания значения шага dX по оси X (массовой толщины защиты в г/см<sup>2</sup>).

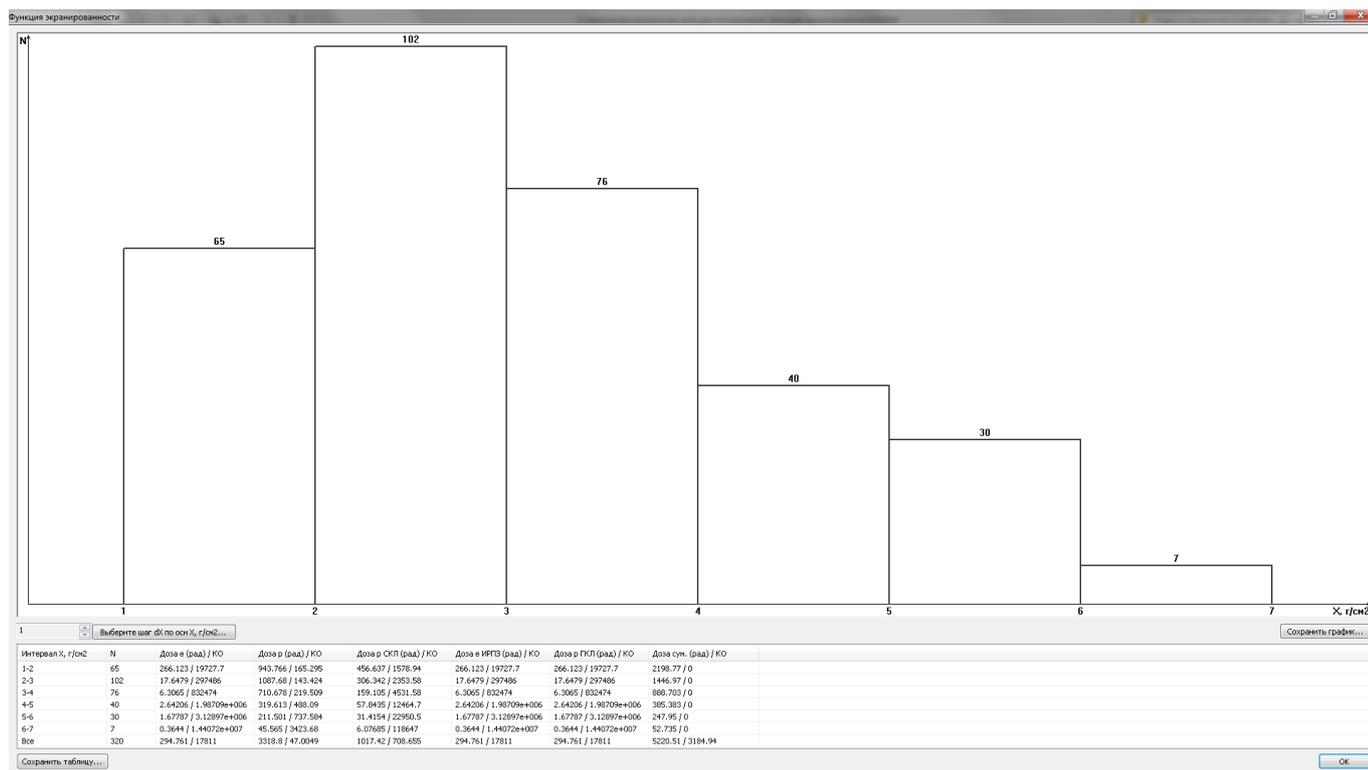


Рисунок 10 – Диалоговое окно "Функция экранированности"

Таблица результатов расчета функции экранированности содержит следующие столбцы:

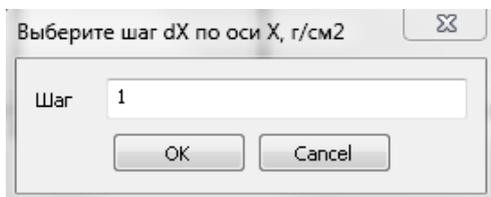
1. Интервал X, г/см<sup>2</sup> – интервал значений массовой толщины защиты;
2. N – количество лучей, попавших в соответствующий интервал значений массовой толщины защиты;
3. Доза e (рад) / КО - поглощенная доза электронов ЕРПЗ / коэффициент ослабления электронов ЕРПЗ;
4. Доза p (рад) / КО - поглощенная доза протонов ЕРПЗ / коэффициент ослабления протонов ЕРПЗ;

5. Доза  $p$  СКЛ (рад) / КО - поглощенная доза протонов СКЛ / коэффициент ослабления протонов СКЛ;
6. Доза  $e$  ИРПЗ (рад) / КО - поглощенная доза электронов ИРПЗ / коэффициент ослабления электронов ИРПЗ;
7. Доза  $p$  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.



При нажатии на кнопку **"Выберите шаг dX по оси X, г/см<sup>2</sup>"** открывается одноименное диалоговое окно, в котором пользователь может произвести ручной ввод значения шага dX по оси X в г/см<sup>2</sup>.

Нажатие на кнопку **"ОК"** 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/см<sup>2</sup>] 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/см<sup>2</sup>", а также окошко ввода значения шага dX по оси X (массовой толщины защиты в г/см<sup>2</sup>).

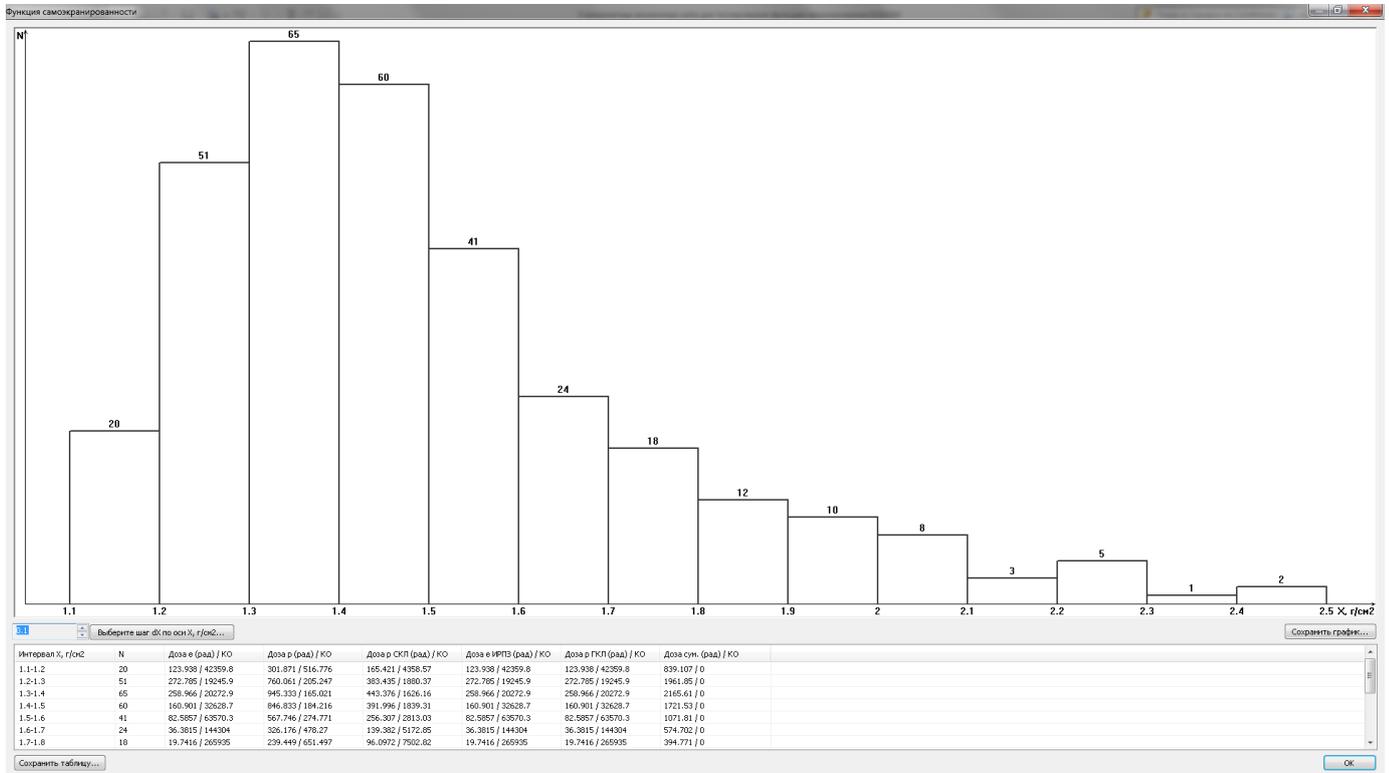


Рисунок 11 – Диалоговое окно "Функция самоэкранированности"

Таблица результатов расчета функции самоэкранированности содержит следующие столбцы:

1. Интервал X, г/см<sup>2</sup> – интервал значений массовой толщины защиты;
2. N – количество лучей, попавших в соответствующий интервал значений массовой толщины защиты;
3. Доза e (рад) / КО - поглощенная доза электронов ЕРПЗ / коэффициент ослабления электронов ЕРПЗ;
4. Доза p (рад) / КО - поглощенная доза протонов ЕРПЗ / коэффициент ослабления протонов ЕРПЗ;
5. Доза p СКЛ (рад) / КО - поглощенная доза протонов СКЛ / коэффициент ослабления протонов СКЛ;
6. Доза e ИРПЗ (рад) / КО - поглощенная доза электронов ИРПЗ / коэффициент ослабления электронов ИРПЗ;

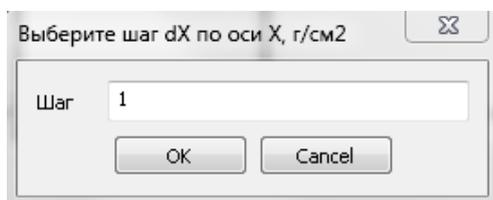
7. Доза  $p$  ГКЛ (рад) / КО - поглощенная доза протонов ГКЛ / коэффициент ослабления протонов ГКЛ;

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 самоэранированности в файле с расширением **png** или **jpg**.

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

Кнопка **"ОК"** - закрывает диалоговое окно.



При нажатии на кнопку **"Выберите шаг dX по оси X, г/см<sup>2</sup>"** открывается одноименное диалоговое окно, в котором пользователь может произвести ручной ввод значения шага dX по оси X в г/см<sup>2</sup>.

Нажатие на кнопку **"ОК"** 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/см<sup>2</sup>] в диалоговом окне **"Функция самоэранированности"** происходит автоматический перерасчет функции самоэранированности, изменение графика, а также изменение значений всех приведенных в таблице величин.

Диалоговое окно **"Функция самоэранированности"** 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 **САПР 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.

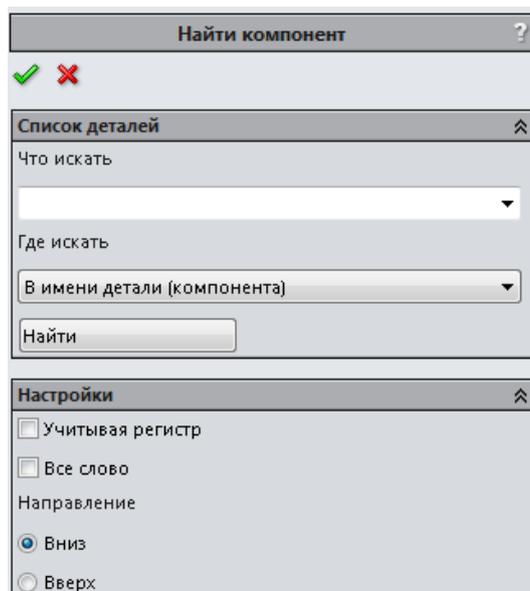


Рисунок 12 – Страница свойств элемента управления "Найти компонент"

После выполнения команды главного меню **"Доза-Флюенс - >Найти компонент"** в левой панели окна **САПР 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: **"Учитывающая 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 **САПР 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/см<sup>2</sup>;
- **(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  $\text{г/см}^2$ ;
- (**суммарный поток**) - число задающее суммарный поток протонов с энергией 10МэВ, протон/ $\text{см}^2$  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 отсутствует, 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:

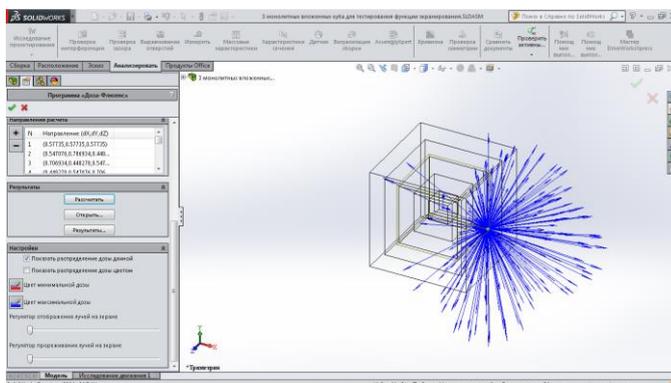
- **name** - наименование компонента;
- **volume** - объем компонента в  $\text{см}^3$ ;
- **density** - плотность компонента в  $\text{г/см}^3$ ;
- **mass** - масса компонента в граммах;
- **heterogeneous** - неоднородность компонента (0...1).

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

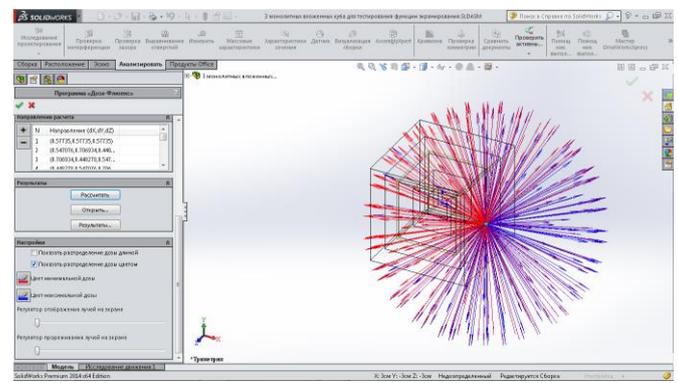
Файл (таблица) со списком лучей (расширение **xls**) содержит следующие столбцы:

- **X** - направляющий косинус луча по оси X;
- **Y** - направляющий косинус луча по оси Y;

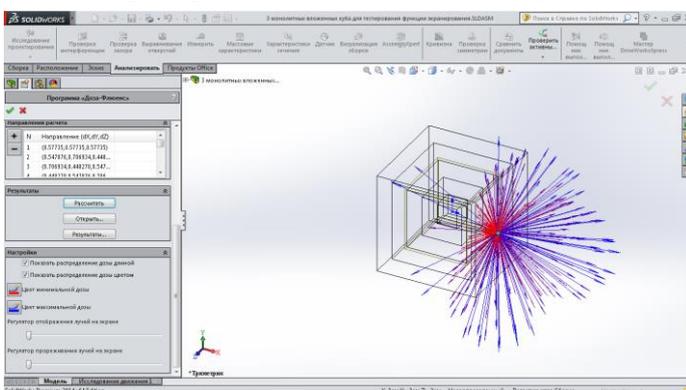
- **Z** - направляющий косинус луча по оси Z;
- **mass-len** - массовая толщина защиты в направлении луча в г/см<sup>2</sup>;
- **dispersion** - дисперсия массовой толщины защиты в направлении луча;
- **mass-len-ef** - массовая толщина защиты в направлении луча от внешней поверхности объекта (извне) до поверхности детали в г/см<sup>2</sup>;
- **mass-len-fis** - массовая толщина защиты в направлении луча из центра (заданной точки) детали до поверхности детали г/см<sup>2</sup>;
- **e** - поглощенная доза электронов ЕРПЗ в направлении луча в радах;
- **p** - 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.



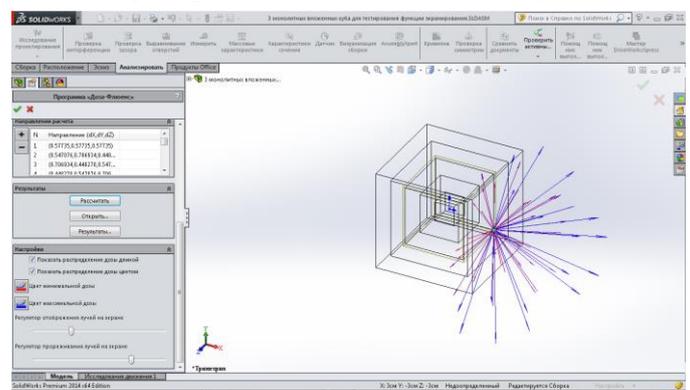
а) распределение дозы длиной лучей



в) распределение дозы цветом лучей



б) распределение дозы длиной и 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  $4\pi$  с фиксированным шагом по азимуту  $\varphi$  и постепенным уменьшением количества лучей  $m$  к полюсам по закону «косинуса угла места  $\lambda$ ».

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)

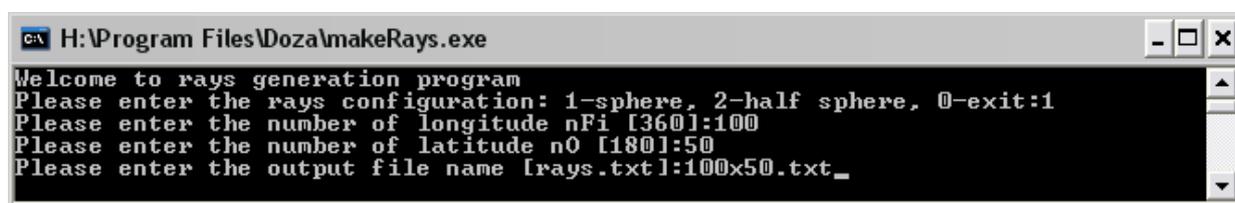


Рисунок 14 – Интерфейс программы "MakeRays"

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 [в заданном формате](#).

## Процедура MakeRays2

Процедура **MakeRays2** предназначена для формирования файла со списком лучей, выходящих из одной точки равномерно в виде сферы, посредством разбиения пространства  $4\pi$  по критерию равенства элементарных телесных углов (с фиксированным шагом по азимуту  $\varphi$ , а угол места  $\lambda$  по «закону  $\sin\lambda$ »). 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.

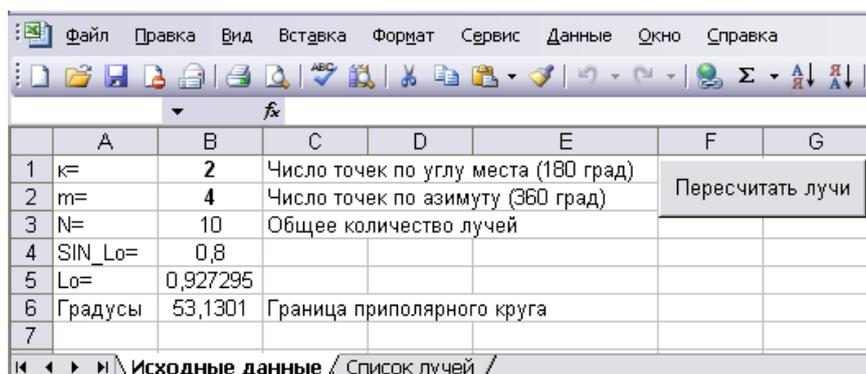


Рисунок 15 – Интерфейс процедуры "**MakeRays2**"

Необходимое количество лучей задается по двум полярным углам: азимуту  $\varphi$  и углу места  $\lambda$ . 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.

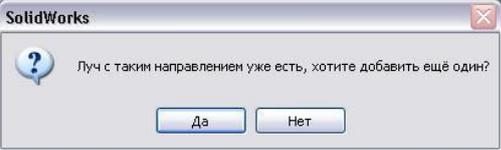
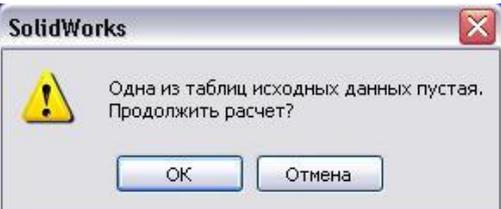
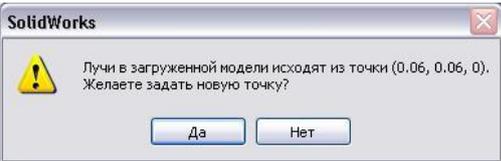
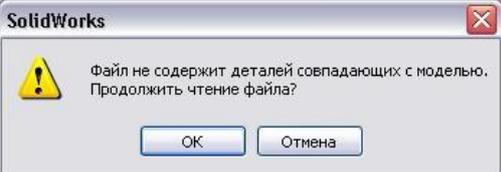
Для формирования списка лучей необходимо нажать на кнопку "Пересчитать лучи". В результате на листе "Список лучей" появится список лучей. Для использования этого списка в программе "Доза-Флюенс" необходимо скопировать этот список в текстовый файл, созданный, например, в стандартной программе **Windows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

### Сообщения оператору

Программа «Доза-Флюенс» является приложением системы автоматизированного проектирования **SolidWorks**, использующей графический интерфейс **Microsoft Windows**. Поэтому сообщения пользователю, в основном, являются стандартными для всех приложений **Windows**.

Во время работы программы «Доза-Флюенс» в случае возможных неправильных действий оператора появляются следующие сообщения (таблице 1).

Таблица 1 – Сообщения оператору

№	Сообщение	Возможная причина	Действия оператора
1.		Попытка ввести луч с направлением, которое уже существует в <i>Списке лучей</i> .	Или принять предложение, нажав на кнопку «Да», тогда появится луч с таким же направлением, или отказаться, нажав на клавишу «Нет»
2.		В корневой директории отсутствует один или несколько файлов с таблицами <b>table1.txt</b> – <b>table5.txt</b> или суммарных потоков протонов <b>fluence.txt</b>	Нажать на кнопку «Ок» если файл(ы) отсутствуют умышленно. Нажать кнопку «Отмена», добавить необходимые файлы и повторить расчет.
3.		Сообщение информирует о точке, из которой исходят лучи в загружаемой модели (группа « <b>Результаты</b> » кнопка « <b>Открыть</b> »)	При необходимости нажать на кнопку «Да» и в открывшемся окне изменить координаты точки. Если координаты не требуют изменения нажать на кнопку «Нет».
4.		В загружаемой модели (группа « <b>Результаты</b> » кнопка « <b>Открыть</b> ») нет деталей, совпадающих с текущей сборкой	Нажать на кнопку «Ок» и продолжить расчеты.

### 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 **MakeRays2.xls**, который выводится на отдельный лист "**Список лучей**". Каждая строка этого листа файла содержит данные одного луча в следующем формате:

**(dX, dY, 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:

**X** - направляющий косинус луча по оси x;

**Y** - направляющий косинус луча по оси y;

**Z** - направляющий косинус луча по оси z;

**mass-len** - массовая толщина защиты в направлении луча в г/см<sup>2</sup>;

**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/см<sup>2</sup>;

**mass-len-fis** - массовая толщина защиты в направлении луча из центра (заданной точки) детали до поверхности детали г/см<sup>2</sup>;

**e** - поглощенная доза электронов ЕРПЗ в направлении луча в радах;

**p** - 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.