



Российская Академия Наук

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

**ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ
БЕЗОПАСНОГО РАЗВИТИЯ
АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**



RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

**NUCLEAR SAFETY
INSTITUTE**

Препринт ИБРАЭ № IBRAE-2017-07

Preprint IBRAE-2017-07

П.А. Блохин, Ю.Е. Ванеев, И.В. Сипачев

**АЛГОРИТМ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОДГОТОВКИ
ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОГРАММ
МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕНОСА
ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ**

Москва
2017

Moscow
2017

Блохин, П.А. Алгоритм автоматизации подготовки исходных данных для программ моделирования переноса ионизирующих излучений / П.А. Блохин, Ю.Е. Ванеев, И.В. Сипачёв — (Препринт / Ин-т проблем безопас. развития атом. энергетики РАН, № ИБРАЭ-2017-07). — М. : ИБРАЭ РАН, 2017. — 11 с. — Библиогр.: 12 назв. — 57 экз.

В работе представлено описание алгоритма автоматизированной подготовки исходных данных для расчетных модулей программного комплекса, предназначенного для моделирования радиационных полей от источников ионизирующих излучений.

В соответствии с разработанным алгоритмом пользователь создаёт графическую модель исследуемого объекта на базе стандартных тел-примитивов с присвоением каждому из них, кроме геометрических параметров, дополнительных атрибутов в виде условных номеров используемых материалов и типов источников излучения. Каждому такому атрибуту пользователь в интерактивном режиме сопоставляет идентификаторы файлов, хранящихся в базе данных программного комплекса, задаёт управляющие параметры решаемой задачи и формирует задание на конвертацию всей совокупности данных в формат файла исходных данных для расчетного модуля.

На примере использования в составе расчетного модуля программ TDMCC и MCU показано, что при однотипном задании исходной информации в виде графической модели объекта пользователь избавляется от рутинных операций по «ручному» вводу многочисленных данных в специфических форматах этих программ, что существенно сокращает время для формирования расчётных моделей и получения конечных результатов.

©ИБРАЭ РАН, 2017

Blokhin, P.A. Algorithm of automation of input data preparation for modeling the transfer of ionizing radiation / P.A. Blokhin, Yu.E. Vaneev, I.V. Sipachev — (Preprint / Nuclear Safety Institute RAS, IBRAE-2017-07). — Moscow : NSI RAS, 2017. —11 p. — Bibliogr.: 12 items.

The paper presents the algorithm description of the input data automated preparation for calculation modules of the program complex designed for modeling the radiation field from sources of ionizing radiation.

According to the designed algorithm user creates a graphical model of an examined object based on standard primitive bodies assigning to each of them, but their geometrical parameters, additional attributes as conditional numbers of materials used and kinds of radiation sources. User assigns interactively to each of those attributes identifiers of files kept in the program complex database, specifies the control options of the problem solved and forms the conversion of the whole data into the input data file format for the calculation module.

As shown by example of using the programs TDMCC and MCU included to the program module it is shown that with homogenous input of the initial information as a graphic model of an object, the user is delivered from routine operations of «manual» input of multiple data in the specific formats of those programs which significantly shortens the time of forming the calculation modules and getting the final results.

©Nuclear Safety Institute, 2017

Алгоритм автоматизации подготовки исходных данных для программ моделирования переноса ионизирующих излучений

Блохин П.А., Ванеев Ю.Е., Сипачёв И.В.

ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ БЕЗОПАСНОГО РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ
115191, Москва, ул. Б. Тульская, 52
тел.: (495) 955-23-06, эл. почта: yuvan@ibrae.ac.ru

Содержание

1. Введение	3
2. Общее описание алгоритма	3
3. Основные этапы формирования файла исходных данных.....	5
4. Пример реализации алгоритма в программном комплексе при решении задачи с источником нейтронов и фотонов в контейнере.....	8
5. Заключение.....	10
Литература	11

1. Введение

В процессе обоснований безопасности ядерно- и радиационно- опасных объектов (ЯРОО) решаются разнообразные задачи: оптимизация защиты от ионизирующих излучений, конструкции упаковок и загрузки в них РАО и ОЯТ, прогнозирование изменений радиационных полей при проведении демонтажных работ, моделирование аварийных ситуаций на различных этапах обращения с РАО и ОЯТ и др. Все эти задачи решаются, как правило, с использованием программных средств (ПС), в которых реализованы различные методы решения уравнений переноса ионизирующих излучений. Для оценочных оперативных расчетов используют так называемые инженерные ПС (на основе, например, Sn-метода [1,2] или формализма факторов накопления [3]), для более точных (прецизионных) расчетов применяют ПС на основе метода Монте-Карло (например, TDMCC [4], MCU [5], MCNP [6]).

Поскольку каждая из программ имеет свой собственный формат файлов исходных данных (ИД), подготовка таких файлов в случае сложного по геометрии и составу объекта может потребовать значительных затрат времени и интеллектуальных усилий без гарантий отсутствия ошибок при «ручном» вводе данных. Упрощение процедуры подготовки файлов ИД путем ее автоматизации существенно сократит время формирования и отладки расчетных моделей, получения конечных результатов. В связи с этим разработка подходов к программной автоматизации подготовки файлов ИД, соответствующих алгоритмов и их реализация в практической деятельности является актуальной задачей.

Цель данной работы – описание разработанного алгоритма автоматизированной подготовки исходных данных и его реализации при использовании программ TDMCC и MCU.

2. Общее описание алгоритма

Современные подходы к автоматизации формирования файлов исходных данных для прецизионных программ основаны на использовании какой-либо системы автоматизированного проектирования (САПР) для создания графической модели объекта с последующей конвертацией экспортного файла в формат используемого ПС. Примером реализации такого подхода с конвертацией геометрических параметров в формат программы MCNP можно считать программу MCNPVised [7]. Однако, для разработки расчетной модели в полном объеме необходим большой набор данных, задать которые только графическими средствами не представляется возможным без привлечения дополнительной информации о характеристиках моделируемого объекта (концентрации нуклидов в используемых материалах, пространственно-энергетические распределения источников излучений) и решаемой задачи (управляющие параметры, регистрируемые величины и т.д.).

Подключение такого объема данных и их преобразование в различные форматы используемых ПС возможно только в специализированном программном комплексе (СПК), в котором средствами системной оболочки осуществляется совместное функционирование следующих компонент:

- графический редактор (как часть существующей САПР или как самостоятельная разработка), с помощью которого разрабатывают графические модели объектов;
- база данных (БД) с информацией об исследуемых объектах, с ядерно-физическими константами, справочными материалами и др.;
- конвертеры данных из графического представления в форматы используемых ПС;
- расчетные модули (например, на базе ПС из списка [4-6]);
- модуль обработки результатов расчетов с возможностью их визуализации совместно с графической моделью.

Суть предлагаемого подхода к автоматизации подготовки файлов ИД для расчетных модулей в составе такого СПК заключается в создании графических элементов модели объекта, присвоении каждому дополнительных атрибутов в виде условных номеров уровней (блоков) вложения их друг в друга, номеров используемых материалов и типов источников излучения, которым пользователь в интерактивном режиме сопоставит идентификаторы данных, заготовленных в БД, задаст управляющие (Rule) параметры решаемой задачи и сформирует, тем самым, задание на конвертацию всей совокупности данных в четыре основных раздела файла ИД (Geometry, Materials, Sources, Rule) для используемого расчетного модуля. Соответствующий алгоритм, первоначально реализованный в комплексе ОБОЯН [8], в данной работе получил дальнейшее развитие. Схема алгоритма представлена на рисунке 1.

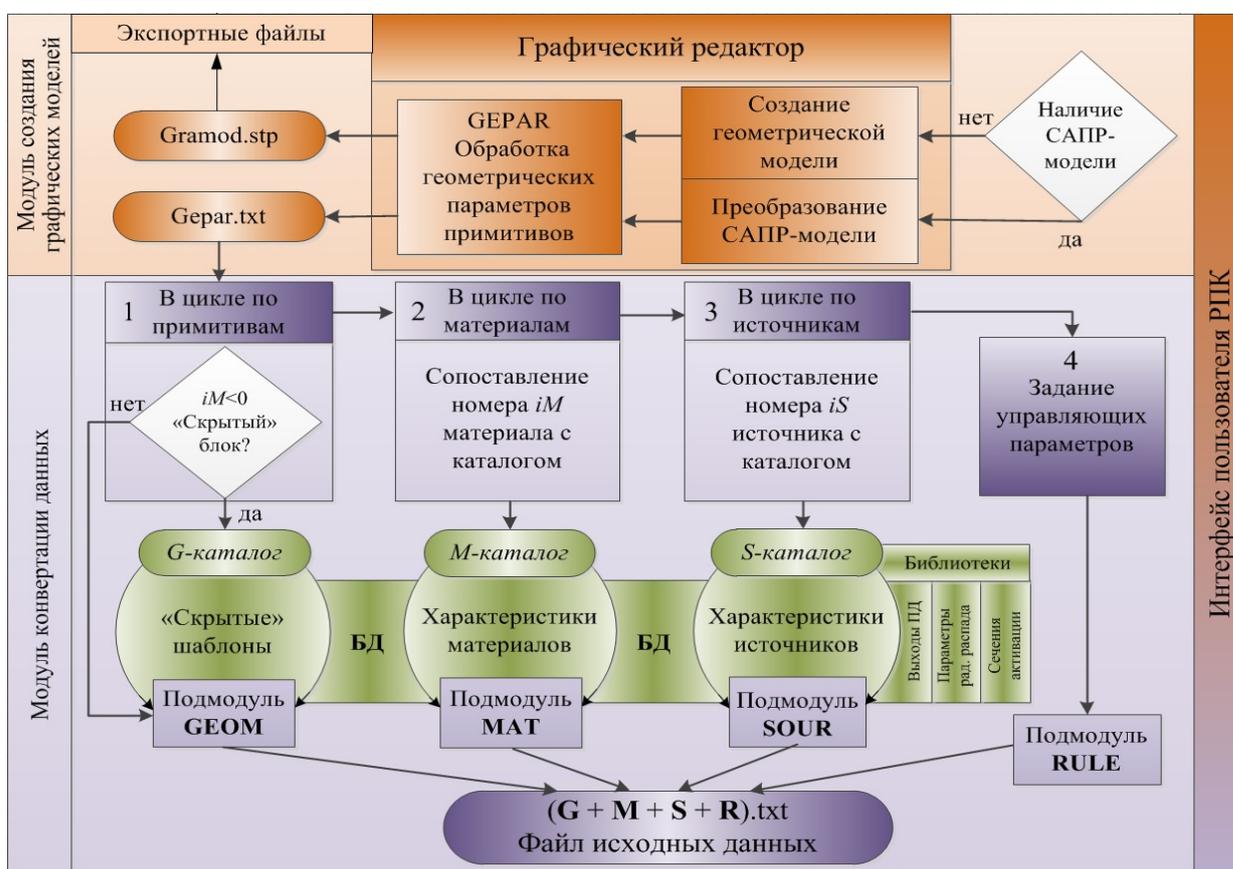


Рис. 1 Схема алгоритма автоматизированной подготовки данных

Специфика формирования геометрических моделей объектов средствами программ, основанных на методе Монте-Карло, заключается в том, что при создании файла ИД используется комбинаторный принцип задания геометрии, в том числе, с помощью элементарных трехмерных геометрических тел (шары, параллелепипеды, цилиндры, конусы и др.). Применяя к этим телам (примитивам) булевы операции пересечения, объединения и дополнения, можно создавать сколь угодно сложные геометрические фигуры. Стандартные атрибуты примитивов (тип, размеры, ориентация в пространстве), операции с ними (в виде условных знаков) и вложенность друг в друга (иерархия блоков) должны быть заданы в файле исходных данных в формате используемой программы.

3. Основные этапы формирования файла исходных данных

Для реализации представленного алгоритма разработан программный комплекс (СПК), содержащий модули для создания графических моделей и конвертации данных (см. рисунок 1), а также расчётные модули на базе программ TDMCC и MCU. Для создания расчётной модели решаемой задачи пользователь СПК начинает работать в графическом редакторе GRATOR, который предполагается использовать в двух альтернативных режимах:

- разработка графической модели объекта в виде набора тел-примитивов с присвоением каждому из них дополнительных атрибутов: iM - номер материала, iS - номер источника, iB - номер блока (возможно, и других данных);
- импорт и визуализация ранее созданной в какой-либо САПР графической модели объекта, преобразование пользователем нестандартных элементов этой модели в один или несколько примитивов, присвоение каждому примитиву дополнительных атрибутов (iM , iS , iB , ...).

На данном этапе разработок графического редактора GRATOR второй режим пока не реализован.

На рисунке 2 в качестве примера изображён вид рабочего окна графического редактора на этапе сборки некоторой конструкции из четырёх примитивов (шар, параллелепипед, цилиндр, конус). При создании пользователем каждого из них в соответствующих позициях рабочего окна были заданы не только геометрические параметры (размеры, координаты), но и введены значения дополнительных атрибутов:

$iM = 1, 2, 3, 4$ (в порядке создания);

$iS = 0, 0, 1, 0$ (источник излучения только в цилиндре);

$iB = 1, -1, -1, -1$ ($iB > 0$ – примитив является блоком, т.е. содержит внутри себя другие примитивы со сложной структурой; $iB < 0$ – примитив не является блоком, а сам расположен внутри блока с номером $|iB|$).

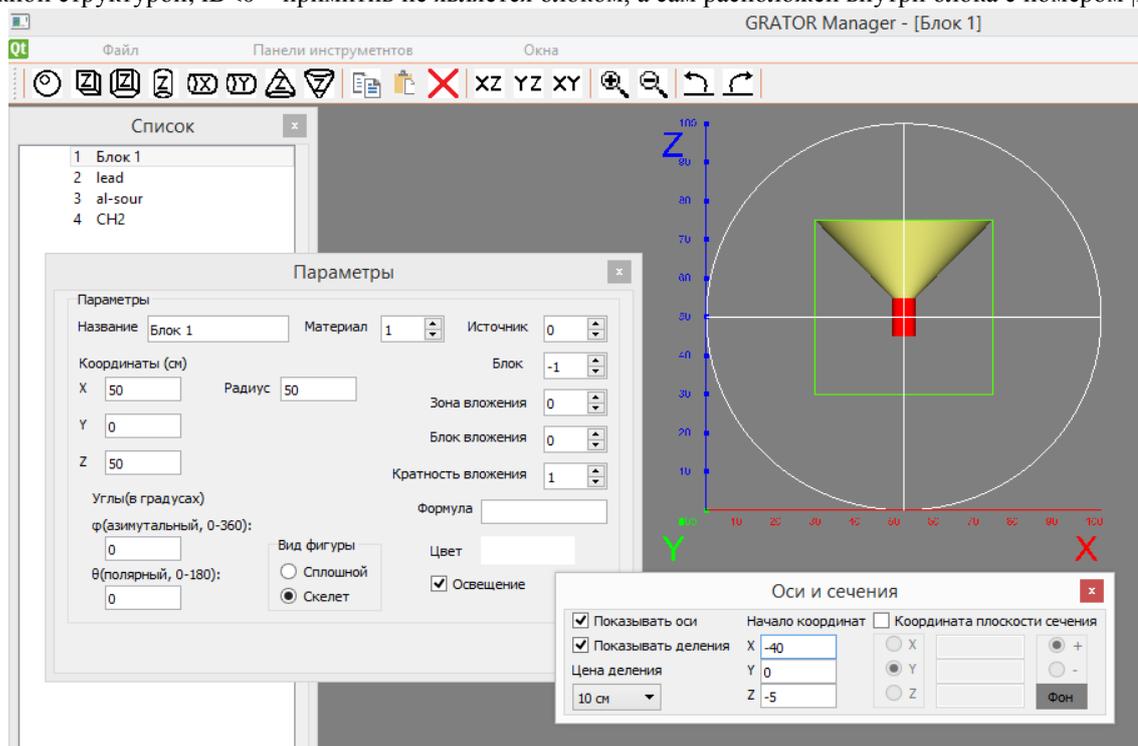


Рис. 2 Вид рабочего окна редактора GRATOR при создании графической модели объекта, состоящего из четырёх примитивов

Заданные пользователем значения геометрических атрибутов всех примитивов модели объекта поступают на обработку в подпрограмму GEPAR, которая преобразует их определённым образом и сохраняет в экспортируемых файлах в разных форматах:

- в step-формате [9] (STEP - краткое обозначение международного стандарта IS 10303 представления данных) для совместимости с множеством современных САПР-систем, использующих данный формат;
- в xml-формате для использования разработанных графических моделей другими ПС;
- в txt-формате для обмена данными между модулями в пределах разрабатываемого СПК.

Экспортный файл в txt-формате подается на вход модуля конвертации данных (см. рисунок 1), где он обрабатывается поэтапно четырьмя соответствующими подмодулями (GEOM, MAT, SOUR, RULE).

Первоначальное преобразование заданных геометрических параметров примитивов с номерами материалов $iM > 0$ осуществляется в самом графическом редакторе в подмодуле GEPAR, а в подмодуле GEOM «раскрываются» примитивы с $iM < 0$ (так называемые «скрытые» блоки), имеющие сложную внутреннюю структуру (например, ТВС с множеством твэлов), которая не «проявлена» на этапе их рисования в редакторе. Для таких примитивов создаются G-каталог с идентификаторами «скрытых» структур и соответствующие разделы БД с уже сформированными текстовыми шаблонами, которые и описывают внутреннюю структуру в формате используемого расчетного модуля. Ссылку на такой «скрытый» блок в виде отрицательного номера iM пользователь ставит при создании примитива в редакторе GRATOR, а на стадии конвертации выбирает из G-каталога идентификатор требуемой структуры, по которому подмодуль GEOM извлекает из БД соответствующий текстовый шаблон. В результате работы подмодулей GEPAR и GEOM создается G-фрагмент файла ИД.

Для объекта на рисунке 2 подмодуль GEPAR создаст файл `gepar.txt`, в котором будут содержаться условные «выражения», определяющие геометрические поверхности, тела, зоны, блоки в формате файла ИД используемой программы. Например, для программ TDMCC и MCU в файле `gepar.txt` будут записаны следующие строки (комментарии отмечены символами # и * в начале строк).

TDMCC	MCU
GEOMETRY: # блок 1 ($iB=1$) # BL1: TD: # поверхности # S1=SP[C=50,0,50; R =50]; S2=PL[X=27.5]; S3=PL[X=72.5]; S4=PL[Y=-22.5]; S5=PL[Y=22.5]; S6=PL[Z=25]; S7=PL[Z=75]; S8=CL[XY=50,0; N=0,0,1; R=3]; S9=PL[Z = 55; N = 0, 0, 1]; S10=PL[Z = 45; N = 0, 0, 1]; S11=CN[C=50, 0, 51.9231; N=0, 0, 1; A = 44.2748]; S12=PL[C=50, 0, 75; N= 0, 0, 1]; S13=PL[C=50, 0, 55; N= 0, 0, 1]; # тела # M1 = S1; M2 = -S2* S3* -S4* S5* -S6* S7; M3 = S8* S9* -S10; M4 = S11* S12* -S13; # зоны # R1 = M1* -M2* -M3* -M4; R2 = M2* -M3* -M4; R3 = M3; R4 = M4; R0 = -(R1+R2+R3+R4); LOCATIONS: BL1 LOC: (,); $iM = 1, 2, 3, 4$; $iS = 0, 0, 1, 0$;	HEAD CONT B * тела SPH N1 50, 0, 50, 50 RPP N2 27.5, 72.5, -22.5, 22.5, 25, 75 RCZ N3 50, 0, 45, 10, 3 TRC N4 50, 0, 55, 0,0,20, 3,0,0, 22.5,0,0 END * зоны ZON1 1 -2 -3 -4 /1:1/ ZON2 2 -3 /2:2/ ZON3 3 /3:3/ ZON4 4 /4:4/ END FINISH * скрытые блоки ($iM < 0$) * отсутствуют * номера материалов $iM = 1, 2, 3, 4$ * типы источников $iS = 0, 0, 1, 0$

На следующем этапе для примитивов с номерами $iM > 0$ пользователь из M-каталога выберет идентификаторы требуемых материалов, для которых плотности, доли компонентов, объемные концентрации нуклидов будут храниться в соответствующих разделах БД. Подмодуль MAT извлечет данные из этих разделов и запишет их в формате расчетного модуля в M-фрагмент файла ИД. Для объекта на рисунке 2, в котором заданы материалы: воздух, свинец, алюминий, полиэтилен, этот фрагмент будет содержать следующие строки:

TDMCC	MCU
COMPOSITION:	MATR1
PH:EPDL97; # библиотека констант #	N 3.964E-05
BL1:	O 1.067 E-05
R1: CN=N(3.964E-5), O(1.067E-5);	MATR2
R2: CN=PB(0.03296);	PB 0.03296
R3: CN=AL(0.06022);	MATR3
R4: CN=C(0.03871), H(0.07742);	AL 0.06022
	MATR4
	C 0.03871 / H 0.07742
	END
	FINISH

На третьем этапе для примитивов с атрибутами $iS > 0$ из S-каталога пользователь выберет идентификаторы источников, характеристики которых подготовлены заранее и размещены в соответствующих разделах БД. Подмодуль SOUR извлечёт эти данные, при необходимости, обратится к библиотекам ядерно-физических данных, выполнит необходимые расчеты (например, спектра излучения смеси радионуклидов) и преобразует результаты в формат расчетного модуля в виде S-фрагмента файла ИД. Для объекта на рисунке 2, в котором размещен цилиндрический источник с равномерно распределённым в его объёме изотопом ^{137}Cs , этот фрагмент будет содержать следующие строки:

TDMCC	MCU
SOURCE:	NPS 1
S1: PH; # источник фотонов #	PROB 1
Q=1;W=1;	ANGLEN SS NO
CYL [C(50,0,45); Z= 45, 55; R= 0, 3];	MDIS S
BL1 P1 R3 Q= 1;	EDIS D 2
E= 6.616E+05, 5.95E+04	EMES 6.616E+05, 5.95E+04
(D= 0.986, 0.014);	EPRO 0.986, 0.014
MU=IS; # источник изотропный #	TYPE G
T=0;	RCZ 50. 0. 45. 10. 3.
	REPER 1
	SNAM SS
	NOBJ 0
	FINISH SP

Выбор данных из каталогов для подмодулей GEOM, MAT, SOUR и задание управляющих параметров задачи для подмодуля RULE осуществляется в интерактивном режиме средствами интерфейса пользователя. Результатом работы подмодуля RULE являются R-фрагменты файла ИД для расчётного модуля. Для расчётов в течение 10 часов (для TDMCC) или для моделирования $6 \cdot 10^6$ историй (для MCU) с регистрацией МЭД в объёме воздушного пространства в пределах сферы (см. рисунок 2) этот фрагмент будет содержать следующие строки:

TDMCC	MCU
# управляющие параметры #	TTYPE 1
TDMCC(PH)=B: # начало расчёта #	PTYPE 2
HCALC=10; # время счёта 10 часов#	ENERGY 0.
# параметры для регистрации #	ZCUR 1
PAR:	PENRG 2
NPAT1: 1.5, 2.5; # тип частиц - фотоны#	0.01E6, 0.02E6, 0.03E6,
E1: # энергетическая сетка#	0.05E6, 0.10E6, 0.15E6, 0.30E6,
0, 0.01E6, 0.02E6, 0.03E6,	0.40E6, 0.50E6, 0.60E6, 0.80E6;
0.05E6, 0.10E6, 0.15E6, 0.30E6,	PFUNC 2
0.40E6, 0.50E6, 0.60E6, 0.80E6;	2.542E-08, 6.336E-09,

F1=E1(LIN) # функция пересчёта в МЭД#	3.168E-09, 1.778E-09, 2.070E-09,
0, 2.542E-08, 6.336E-09,	3.064E-09, 6.516E-09, 8.568E-09,
3.168E-09, 1.778E-09, 2.070E-09,	1.055E-08, 1.238E-08, 1.580E-08
3.064E-09, 6.516E-09, 8.568E-09,	SFLUX
1.055E-08, 1.238E-08, 1.580E-08	END
RES: # регистрация МЭД #	FINISH REG
BL1: R1: NV(NPAT1)*F1;	NTOT 2000
	ISTR 1
	FINISH RUL
	NAMV CASK
	DTZML 10
	MAXSER 1000
	FINISH

Модуль конвертации данных завершает свою работу объединением созданных G-, M-, S- и R- фрагментов в единый файл ИД (G+M+S+R).txt в формате используемого расчетного модуля. Возможно формирование сразу двух файлов исходных данных для программ TDMCC и MCU, например, для проведения кросс-верификации.

Таким образом, построив в рабочем окне графического редактора геометрическую модель исследуемого объекта в виде совокупности примитивов и задав в оконном интерфейсе значения параметров этих примитивов и решаемой задачи, пользователь получает файлы исходных данных в формате включённых в комплекс расчётных модулей, не затрачивая времени и интеллектуальных усилий на воспроизведение форматов данных, специфических для каждого расчётного модуля.

4. Пример реализации алгоритма в программном комплексе при решении задачи с источником нейтронов и фотонов в контейнере

Для тестирования разработанных программных средств решалась тестовая задача Cask_CF из матрицы верификации программы TDMCC [10]. Для этой задачи имеются результаты измерений мощности эквивалентной дозы около контейнера для перевозки отработавших ТВС энергетических реакторов при размещении в нём тонкостенного цилиндрического источника с равномерно распределёнными по объёму стенки частицами ^{252}Cf [11]. Активность источника на момент проведения измерений соответствовала выходу (скорости генерации) нейтронов от спонтанного деления ^{252}Cf $2,4 \cdot 10^9 \text{ c}^{-1}$.

Графическая модель контейнера с калифорниевым источником в помещении, где проводились измерения, была разработана в среде редактора GRATOR в виде трёх блоков:

- первый (внешний) блок («Блок 1») – набор из 6 примитивов, соответствующий помещению, где расположен контейнер (рисунок 3);
- второй блок («Блок 2») – набор из 8 примитивов, соответствующий контейнеру (рисунок 4);
- третий блок («Блок 3»), соответствующий источнику.

В составе «Блока 3» может быть задан сложный по конструкции источник излучения, например, реакторная ТВС с множеством твэлов. В данной задаче в контейнере расположен простой источник в виде тонкостенного цилиндра из алюминия, в котором равномерно распределен калифорний.

В результате работы модуля конвертации данных была скомпонована полная графическая модель системы, в которой «Блок 2» вложен в «Блок 1», а «Блок 3» вложен в «Блок 2», и образованы два файла исходных данных для программ TDMCC и MCU.

Результаты расчётов по этим программам радиальных распределений мощности дозы $H(R)$ приведены в таблицах 1-2 в сравнении с экспериментальными данными $H_{\gamma}(R)$. Значения $H_n(R)$ для нейтронов и $H_{\gamma}(R)$ для фотонов вычислялись в пространстве около контейнера на уровне центра источника:

$$H_{\gamma,n}(R) = \int \Phi(R, E) k_n(E) dr \quad (1)$$

где

$\Phi(R, E)$ – энергетические распределения (спектры) излучения на расстоянии R от поверхности контейнера на уровне центра источника;

$kH(E)$ – коэффициенты перевода плотности потока излучения с энергией E в мощность эквивалентной дозы [12].

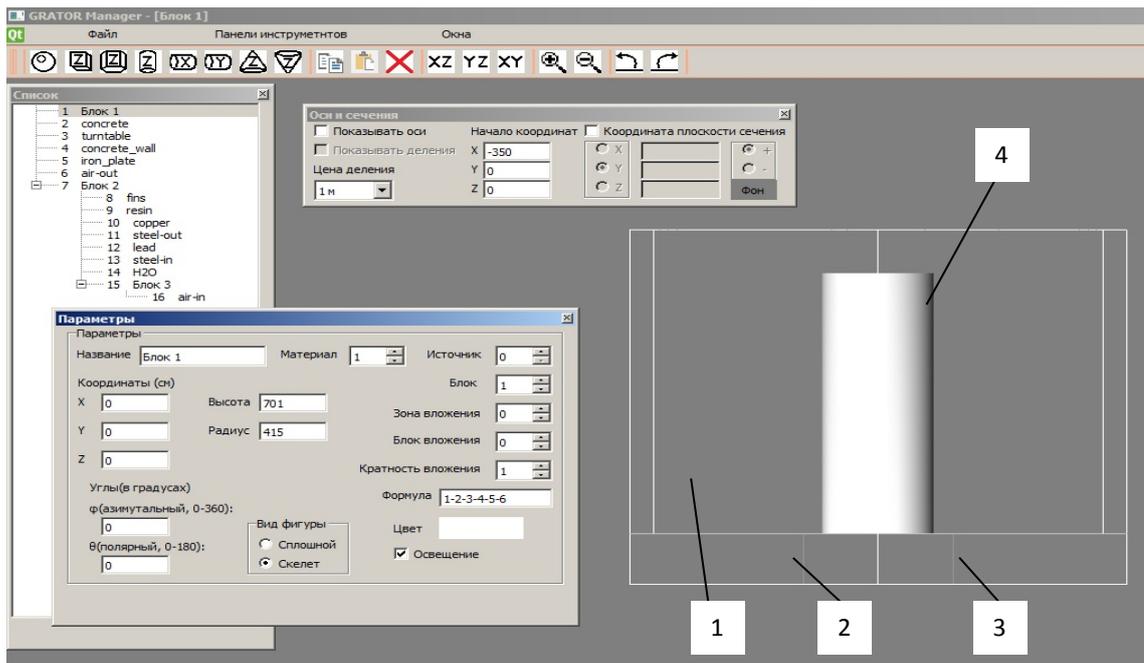


Рис. 3 Вид рабочего окна на этапе построения примитивов в «Блоке 1»:

1, 2, 3 – примитивы, описывающие стены и пол помещения;

4 – примитив в виде «Блока 2»

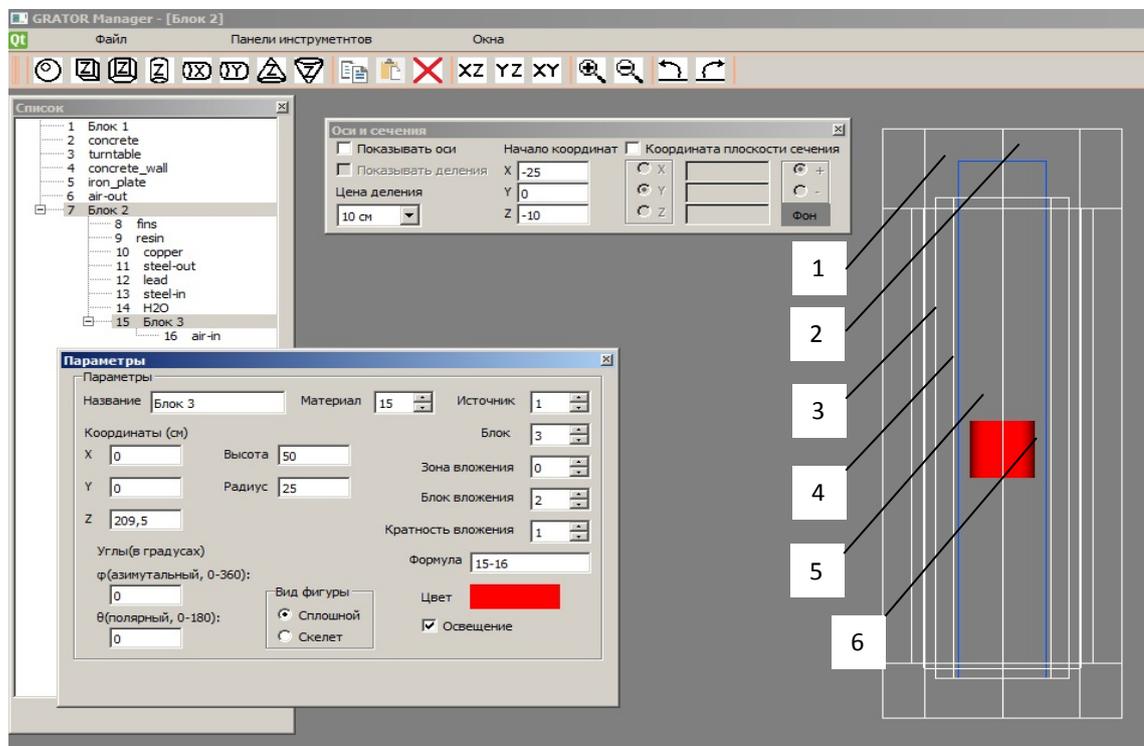


Рис. 4 Вид рабочего окна на этапе построения примитивов в «Блоке 2»:

1-5 – примитивы, описывающие внутреннюю структуру контейнера;

6 – примитив в виде «Блока 3» - источник излучения

В данной работе для сравнительных расчетов использовались значения функций $kH(E)$ для внешнего облучения тела человека параллельными пучками нейтронов и фотонов, т.е. вычислялись и сравнивались значения мощности эффективной дозы.

В качестве меры для сравнения расчетных значений МЭД $H(R)$, полученных с применением двух программ, использовались их относительные отклонения от экспериментальных (Δ) значений $H_{\Delta}(R)$ [11]

$$\delta = (H(R) / H_{\Delta}(R) - 1) \times 100\%,$$

для нейтронов $\delta_n(R)$ и фотонов $\delta_{\gamma}(R)$ соответственно.

Полученные результаты расчетов МЭД по двум программам удовлетворительно согласуются между собой (и с экспериментом), что свидетельствует (наряду с подтверждением качественного программного и константного обеспечения) о корректной конвертации данных из графической модели рассматриваемого объекта в форматы файлов исходных данных для используемых программ.

Таблица 1 – Сравнение значений МЭД нейтронов в радиальном направлении на уровне центра источника в задаче Cask_CF

Программа	Величина	Единица измерения	Расстояние от поверхности контейнера R , см			
			15	60	95	145
TDMCC	$H_n(R)$	10^{-2} мЗв/час	5,34	2,50	1,56	1,06
	$\delta_n(R)$	%	+6	+9	+4	+6
MCU	$H_n(R)$	10^{-2} мЗв/час	5,61	2,55	1,62	1,10
	$\delta_n(R)$	%	+12	+11	+8	+10

Таблица 2 – Сравнение значений МЭД фотонов в радиальном направлении на уровне центра источника в задаче Cask_CF

Программа	Величина	Единица измерения	Расстояние от поверхности контейнера R , см				
			20	40	60	80	100
TDMCC	$H_{\gamma}(R)$	10^{-2} мЗв/час	1,42	0,920	0,656	0,496	0,386
	$\delta_{\gamma}(R)$	%	+1	-8	-12	-16	-16
MCU	$H_{\gamma}(R)$	10^{-2} мЗв/час	1,45	0,951	0,683	0,509	0,402
	$\delta_{\gamma}(R)$	%	+4	-5	-8	-14	-13

5. Заключение

В работе представлено описание разработанного алгоритма автоматизированной подготовки исходных данных для расчетных модулей программного комплекса, предназначенного для моделирования радиационных полей от источников ионизирующих излучений.

Для реализации этого алгоритма сформирована определенная структура вычислительного комплекса, включающего специализированный графический редактор, конверторы данных и расчетные модули, функционирующие в единой системной оболочке с пользовательским интерфейсом. Указанные программные средства обеспечивают разработку графической модели исследуемого объекта, задание в интерактивном режиме значений дополнительных геометрических параметров, характеристик материалов и источников излучения, хранящихся в базе данных, с последующей конвертацией всей отобранной

информации по объекту в формат файла исходных данных для расчетного модуля. На примере использования в составе расчетного модуля программ TDMCC и MCU показано, что при однотипном задании исходной информации в оконном интерфейсе пользователь избавляется от рутинных операций по «ручному» вводу многочисленных данных в специфических форматах этих программ. При этом пользователь может заказать формирование файлов исходных данных как для одной из этих программ, так и для двух одновременно (для кросс-верификации). Это существенно сократит время для формирования расчётных моделей, снизит вероятность ошибок, что, в результате, будет способствовать повышению производительности и качества расчетных исследований.

Литература

1. А.М. Волощенко, А.В. Швецов. КАСКАД-С-2.5 - программа для решения уравнения переноса нейтронов, фотонов и заряженного излучения методом дискретных ординат в двумерных геометриях. Инструкция для пользователя. Отчет ИПМ им. М. В. Келдыша РАН, инв. № 7-26-2004, М., 2004.
2. А.М. Волощенко, В.П. Крючков. КАТРИН-2.5 – программа для решения уравнения переноса нейтронов, фотонов и заряженного излучения методом дискретных ординат в трехмерной геометрии. Инструкция для пользователя. Отчет ИПМ им. М. В. Келдыша РАН, инв. № 6-21-2011, М., 2011.
3. <http://radiationsoftware.com/microshield/>
4. Житник А.К., Рослов В.И., Семенова Т.В. и др. Программа TDMCC (Time Dependent Monte Carlo Code). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2010614412 от 07.07.2010.
5. М.И. Гуревич, М.А. Калугин, Д.С. Олейник, Д.А. Шкаровский Характерные особенности MCU-FR // ВАНТ. Сер. Физика ядерных реакторов, 2016, вып. 5, с. 17–21.
6. MCNP – A General Monte Carlo N-Particle Transport Code, Version 4B / by ed. Judith F. Briesmeister: LA-12625-M. – USA, 1997.
7. The Visual Editor for MCNP [Electronic resources] Access mode : <http://www.mcnpvised.com/visualeditor/visualeditor.html> – Free.
8. Блохин П. А., Ванев Ю. Е., Ковальчук В. Д., Крючков Д. В., Мевкус В. В. Программно-технический комплекс обоснования безопасности объектов ядерного наследия. // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2016. – №4. – с. 55-66.
9. Обзор универсальных форматов передачи CAD геометрии <http://sapr-journal.ru>
10. Разработка матрицы верификации программы TDMCC для решения задач защиты от излучений. Отчет ИБРАЭ РАН, инв. № 4734-96-2016/28-1. Москва. 2016.
11. K. Ueki and al. Validity of the Monte Carlo Method for Shielding Analysis of a Spent-Fuel Shipping Cask // Nuclear Science and Engineering, 1983. V. 84. P. 271–284.
12. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009: Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009.