



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИИ  
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ  
ИНСТИТУТ РОБОТОТЕХНИКИ И ТЕХНИЧЕСКОЙ КИБЕРНЕТИКИ

***Пакет программ математического моделирования  
процессов переноса и регистрации гамма-излучения  
для разработки систем авиационного радиационного  
мониторинга поверхности Земли.***

***Новиков Игорь Эдуардович***

Россия, 194064, г. Санкт-Петербург, Тихорецкий пр., 21  
тел.: (812) 552-0110 (812) 552-1325 факс: (812) 556-3692 <http://www.rtc.ru> e-mail: [rtc@rtc.ru](mailto:rtc@rtc.ru)





# Технологии ЦНИИ РТК высокоэффективного радиационного мониторинга для экологических целей и ликвидации последствия ядерных инцидентов





# Комплекс радиационной разведки и поиска ионизирующих излучений

## Решаемые задачи

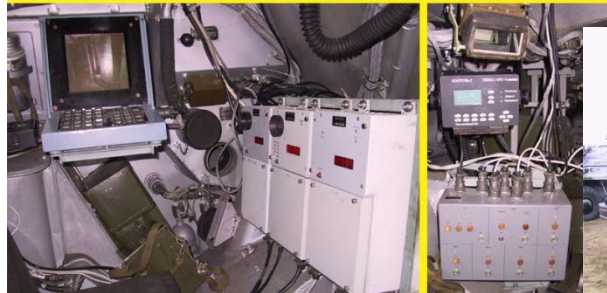
- Контроль за перемещением радиоактивных веществ и радиоактивных отходов
- Обеспечение готовности средств ликвидации чрезвычайных ситуаций к выполнению задач по предупреждению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций

## Назначение

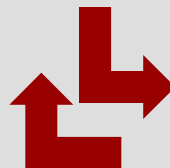
- Определение границ радиоактивного заражения.
- Дистанционное измерение мощности экспозиционной дозы, обнаружение и определение местоположения точечных источников нейтронного и гамма-излучений.
- Построение карты дозных полей с нанесенными на ней локальными источниками гамма и нейтронного излучения, документирование результатов радиационной разведки.



Воздушный комплекс разведки



Наземный комплекс разведки



Наземный вычислительный комплекс





# Воздушный комплекс разведки

## Назначение

- Определение границ радиоактивного заражения;
- Уточнение спектрального состава;
- Измерение мощности экспозиционной дозы (МЭД);
- Поиск, обнаружение и определение местоположения точечных источников ионизирующих излучений.

## Основные технические характеристики

Диапазон энергий регистрируемого гамма-излучения	0,5...2,5 МэВ
Ширина полосы разведки	0,5 км
Производительность	50 км <sup>2</sup> /ч
Время непрерывной работы	8 часов
Диапазон измерения МЭД	10 <sup>-5</sup> ....10 <sup>3</sup> Р/ч





## Программный комплекс [1,2]: цели и задачи

### Цели

- Проектирование и градуировка аппаратуры для спектрометрического дистанционного радиационного мониторинга.
- Исследование полей гамма-излучения вблизи границы раздела полубесконечных сред.

### Применение

- Дистанционное определение МЭД. Поиск локальных источников. Определение нуклидного состава источника.

### Специфика

- Учет многообразия всех условий измерений как в полевом, так и в лабораторном варианте.

### Результаты расчетов

- Поточковые и дозовые характеристики поля излучения и аппаратурные спектры измерительных установок.

### Научная проблематика

- Определение характеристик поля излучения для бесконечного и ограниченного источников в полубесконечных средах.
- Моделирование переноса излучения для сложных геометрических конструкций.
- Программный интерфейс.



## Состав программного комплекса

Программы семейства **GRAIN** (**GR**ound-**Air** **I**nterface) предназначены для расчета характеристик поля фотонного излучения вблизи границы раздела воздух-конденсированная среда и базируются на методе Монте-Карло.

**Среды:** грунт, воздух, вода, бетон, кварцевый песок, железо.

**Типы заглубления источника:** дельта-источник, трапециидальный, экспоненциальный.

Программа **DINAM** для моделирования процесса переноса и регистрации излучения в сложных геометрических конструкциях.

**Вспомогательные программы** для контроля и визуализации условий и результатов расчетов.



## Программа **GRAIN-1**

Программа **GRAIN-1** рассчитывает характеристики поля излучения для одномерной плоской двухслойной геометрии с учетом различных типов заглибления источника излучения.

В качестве оценки искомого функционала используется оценка по пробегу [3]. Это означает, что при каждом розыгрыше свободного пробега частицы между столкновениями подсчитывается длина отрезка траектории, лежащий внутри детектора.



## Программа **GRAIN-3**

Программа **GRAIN-3** рассчитывает характеристики поля излучения для одномерной плоской трехслойной геометрии (для учета снежного покрова) среды распространения излучения и трехмерного источника конечного размера.

**Возможные формы ограниченного источника:** эллипс, прямоугольник с масштабированным центральным отверстием.

Используемая программой **псевдолокальная оценка [1,2]** представляет собой модификацию оценки по пробегу, применяемой для детекторов с конечным фазовым объемом.





## Программа GRAIN в процессе работы

12/11/2010 Запуск в 14:10  
Считаю... Ждите...

```
*** Ввод исходных данных начат ***
*** Ds_001.dat *** -открыт
*** Ds_001.dat *** -закрыт
*** ecs137.dat *** -открыт
*** ecs137.dat *** -закрыт
*** Ввод исходных данных закончен ***
*** grainlib.dat *** -открыт ==> поиск сечений в библиотеке
Найден GROUND
Найден AIR
*** grainlib.dat *** -закрыт ==> сечения подготовлены
Выделена память: 130968
***** Промежуточная информация *****
Статистика      Флюенс      Стат.погр.%      Эксп. доза      Стат.погр.%
10000           2.81E+01     7.7E+00           9.91E-09         7.7E+00
20000           2.59E+01     5.7E+00           9.14E-09         5.7E+00
30000           2.71E+01     4.5E+00           9.56E-09         4.5E+00
```



## Программа DINAM

Программа для имитационного моделирования систем детектирования гамма-излучения **DINAM** позволяет на основе метода Монте-Карло решать задачи моделирования процессов переноса и регистрации гамма-квантов в диапазоне энергий от 10 кэВ до 3 МэВ, а также получать функцию отклика детектора в виде спектра импульсов на выходе амплитудно-цифрового преобразователя.

**Особенность: оригинальный геометрический модуль**, который обеспечивает возможность построения геометрических моделей конструкций повышенной сложности из комбинации объемных геометрических примитивов.

**Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ на территории РФ № 2010610416 от 11.01.2010.**



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2010610416

«Программа для имитационного моделирования систем  
детектирования гамма-излучения DINAM»

Правообладатель(ли): *Государственное научное учреждение  
Центральный научно-исследовательский и конструкторский  
институт робототехники технической кибернетики  
(ЦНИИ РТК) (RU)*

Автор(ы): *Новиков Игорь Эдуардович (RU)*

Заявка № 2009616128

Дата поступления 2 ноября 2009 г.

Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ  
11 января 2010 г.



Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной  
собственности, патентам и товарным знакам

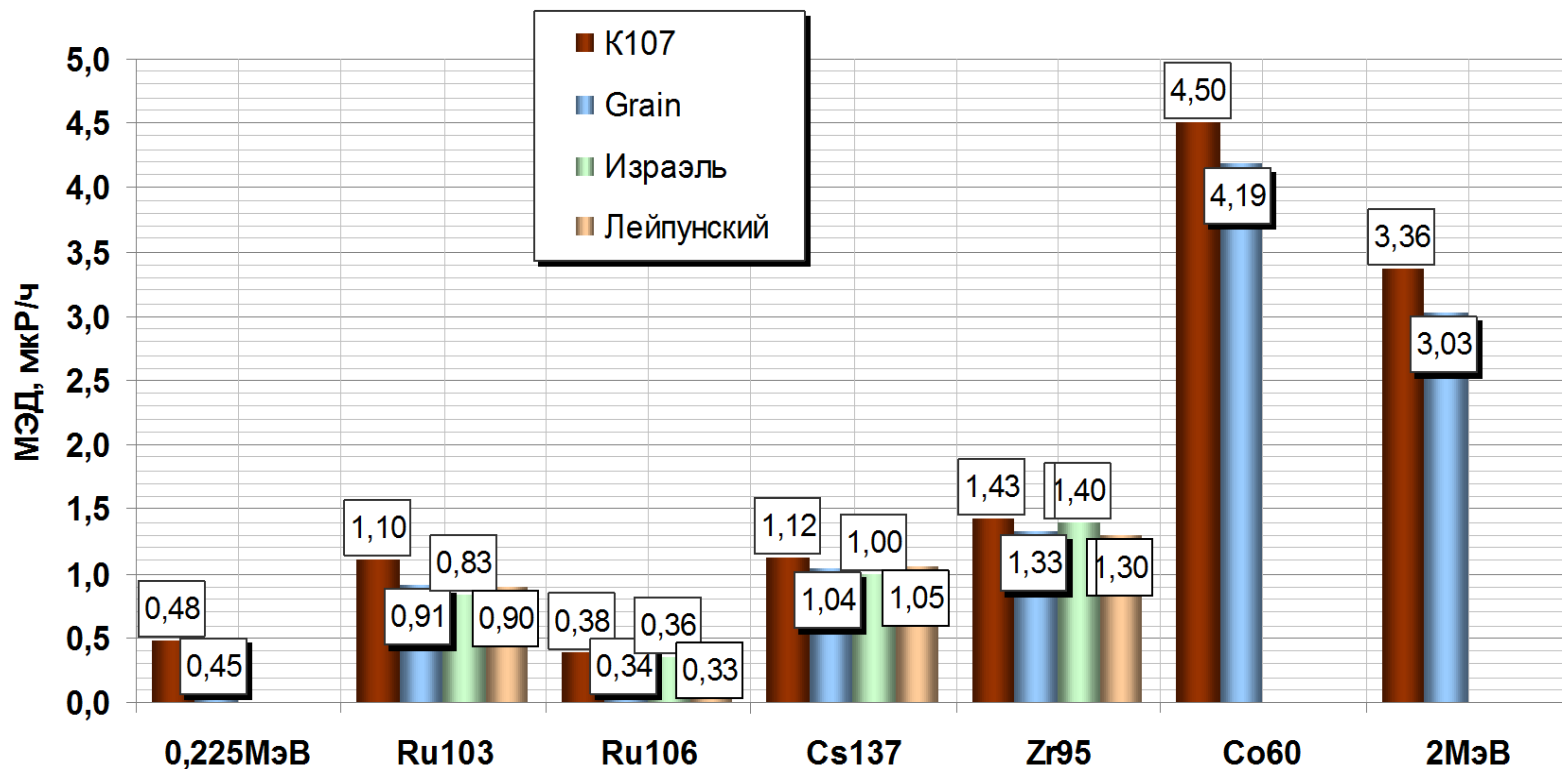
Б.П. Симонов





# Сравнение результатов расчетов программ GRAIN, K-107 [1] и [4] МЭД на высоте 1м для плоского источника на поверхности Земли

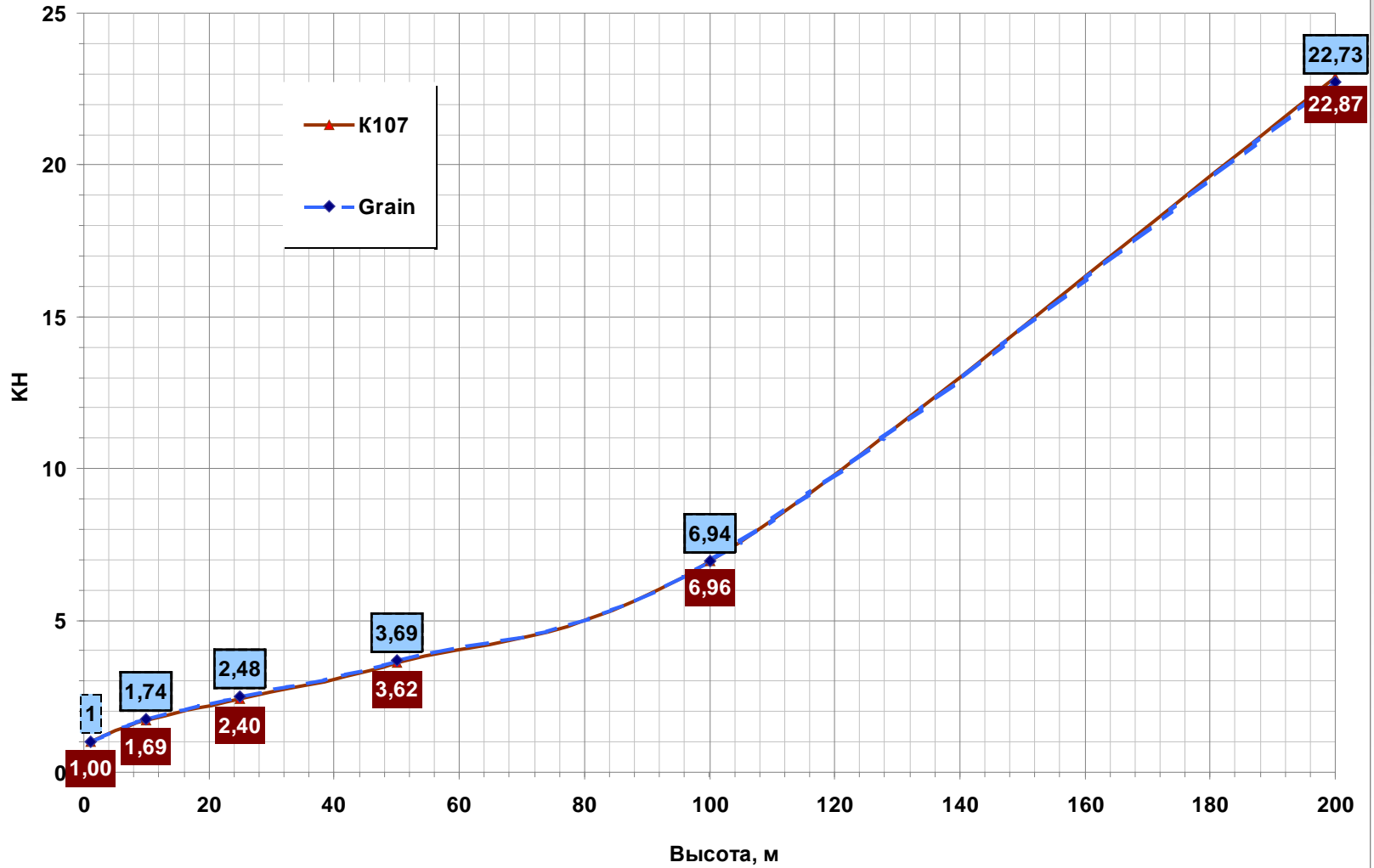
Мощность экспозиционной дозы при  $A_s=100\text{мКи}$ ,  $T_B=0^0\text{C}$





# Сравнение результатов расчетов программ GRAIN и K-107

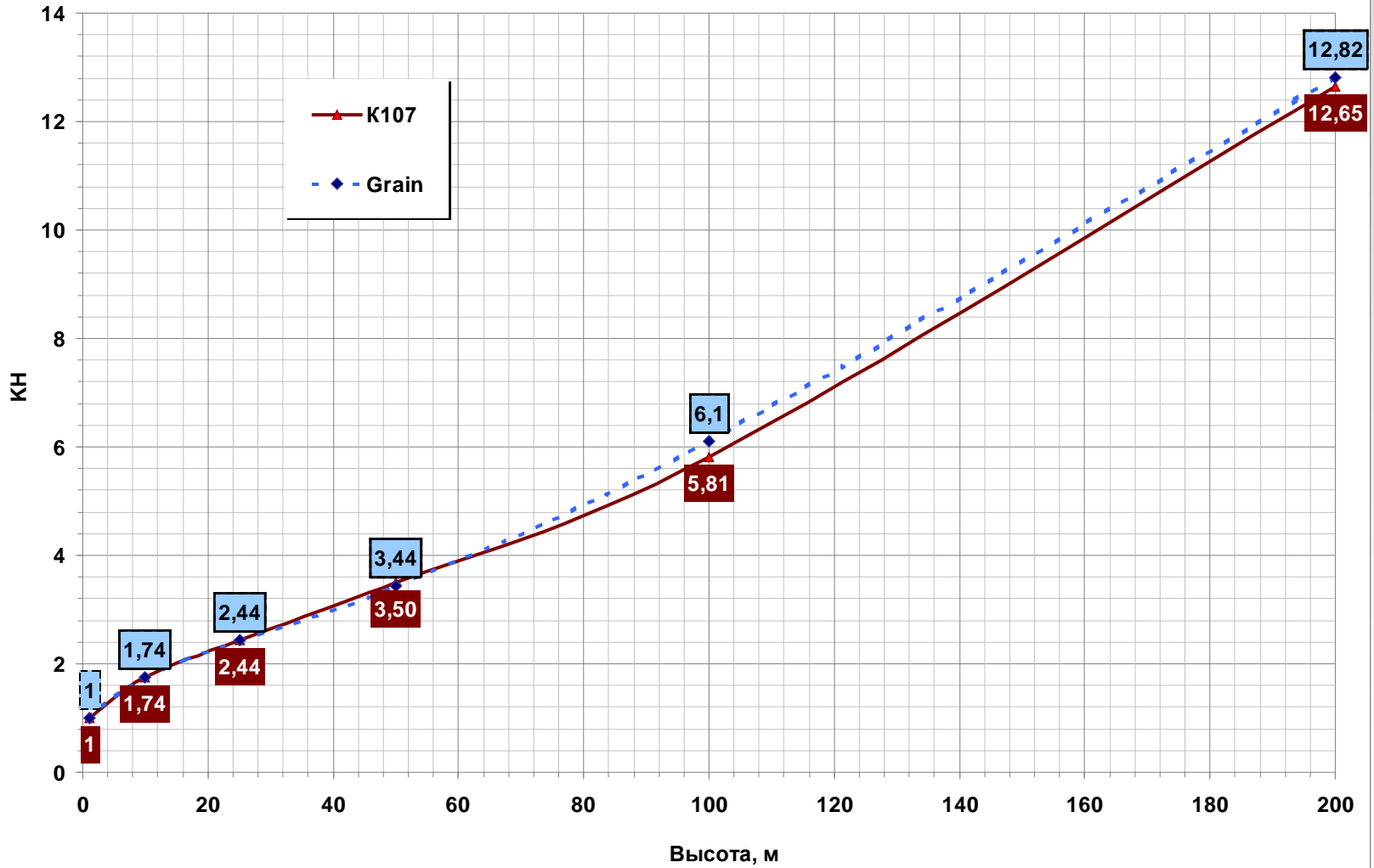
Высотный коэффициент  $E=0,225\text{МэВ}$





# Сравнение результатов расчетов программ GRAIN и K-107

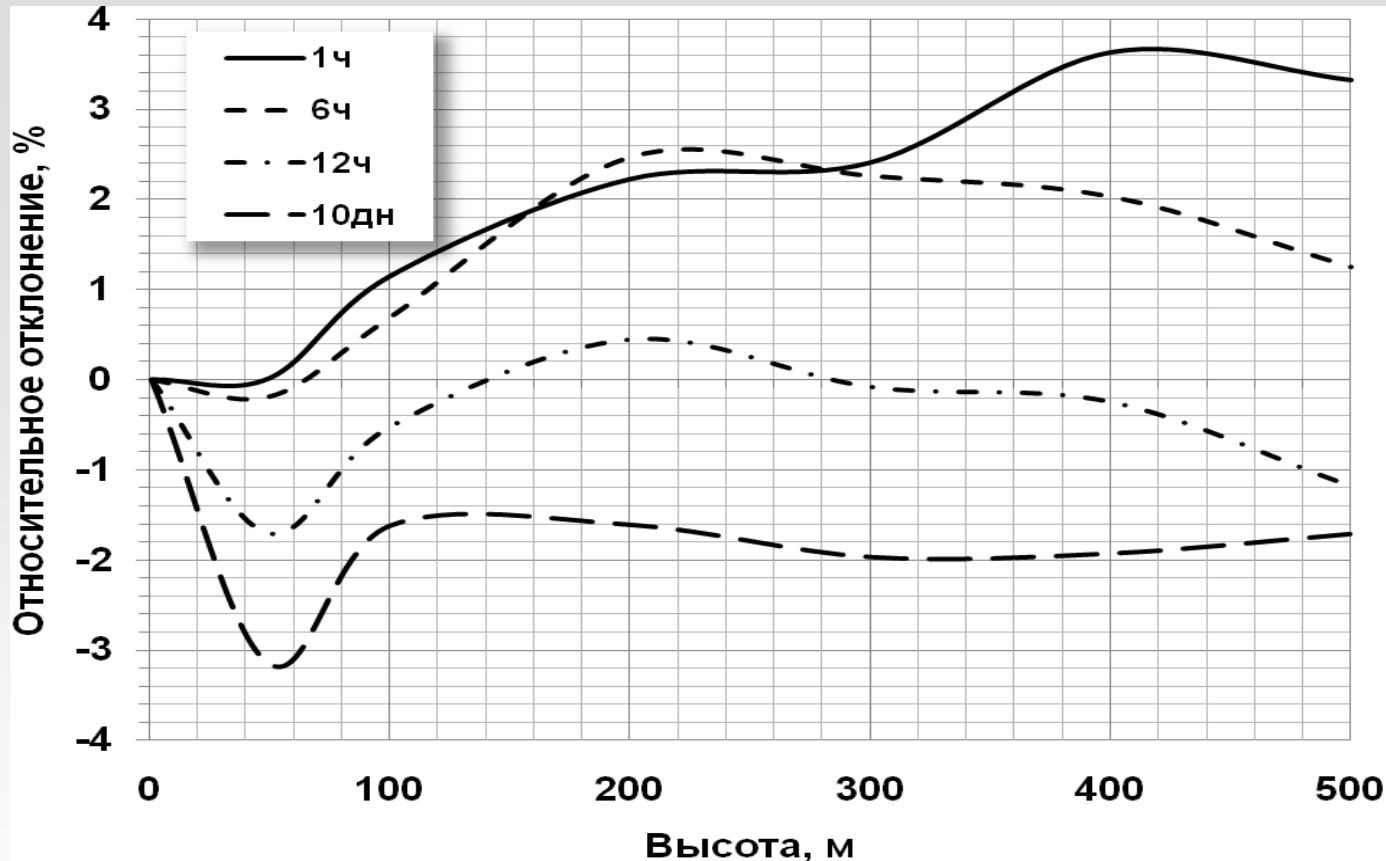
Высотный коэффициент для E=2МэВ







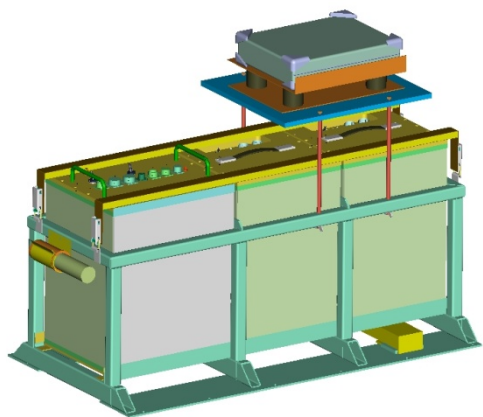
## Сравнение результатов расчетов программ GRAIN и K-107



Отклонение расчетных значений высотного коэффициента для продуктов мгновенного деления  $^{235}\text{U}$ , полученных через фактор накопления (K-107), относительно значений, полученных методом Монте-Карло (GRAIN).



# Аппаратура контроля радиационной обстановки (АКРО) для бортового вертолетного комплекса «Астрахань»



## Состав:

- 1 *Модуль детектирования гамма-излучения высокочувствительный (МДГ-В)*
- 2 *Блок бесперебойного питания и коммутации (ББПК)*
- 3 *Пульт управления (ПУ)*

**НАЗНАЧЕНИЕ:** Аэрогамма-съемка местности с борта вертолета.

**РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ:** Измеряются спектры гамма-излучения и определяется МПД на борту вертолета и приведенной к высоте 1 м над поверхностью Земли.

## Характеристики

	Показатель	Значение
1	Диапазон энергий регистрируемого гамма-излучения	0,05 – 3 МэВ
2	Минимально обнаруживаемая активность источника Cs-137 при высоте полета 50 м на скорости 60 км/ч	5 мКи
3	Время непрерывной работы от встроенного аккумулятора, не менее	4 ч
4	Интерфейс передачи данных на землю	GSM
5	Привязка момента обнаружения и спектров к данным GPS	Да
6	Габариты, мм	210x140x65
7	Вес, не более, кг	1,8



**НАЗНАЧЕНИЕ: Обнаружение локальных источников гамма-излучения при использовании в составе БПЛА легкого класса**



## ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ:

1. Сухоруков А.И., Хисматов И.Ф., Новиков И.Э. Основы теории аэрокосмического радиационного мониторинга Земли. Ч. 1. Физические основы радиационного дистанционного зондирования Земли. М.: Изд-во ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», 2011. 312 с.
2. Новиков И.Э. Пакет программ математического моделирования процессов переноса и регистрации гамма-излучения систем авиационного радиационного мониторинга // Научно-технический и производственный журнал "Вестник компьютерных и информационных технологий" № 8, 2013 С.16-21.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

3. Панин М.П. Моделирование переноса излучения. М.: МИФИ, 2008. 212 с.
4. Израэль, Ю. А. Гамма-излучение радиоактивных выпадений / Ю. А. Израэль, Е. Д. Стукин — Москва : Атомиздат, 1967 .— 224 с.



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИИ  
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИЙ  
ИНСТИТУТ РОБОТОТЕХНИКИ И ТЕХНИЧЕСКОЙ КИБЕРНЕТИКИ

***Спасибо за внимание!***



Россия, 194064, г. Санкт-Петербург, Тихорецкий пр., 21

тел.: (812) 552-0110 (812) 552-1325 факс: (812) 556-3692 <http://www.rtc.ru> e-mail: [rtc@rtc.ru](mailto:rtc@rtc.ru)