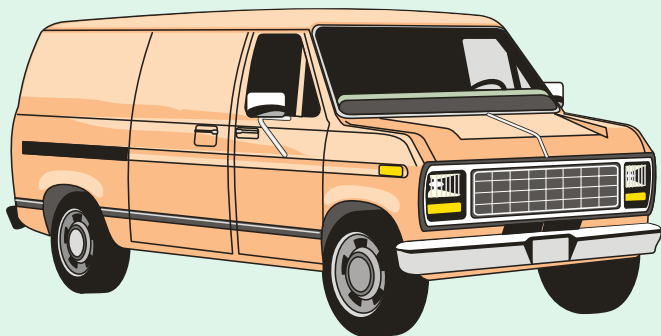


# Мобильный комплекс радиационного контроля со сканирующим гамма-детектором

*А. С. Шеин, Л. В. Викторов, В. Л. Петров, Б. В. Шульгин*  
*Уральский федеральный университет*  
*имени первого Президента России Б.Н.Ельцина*



Докладываемая  
новая разработка  
является  
развитием  
предыдущих  
разработок  
комплексов РК  
серии «Соратник»



# Главные задачи

решаемые с помощью нового мобильного комплекса радиационного контроля (РК5) :

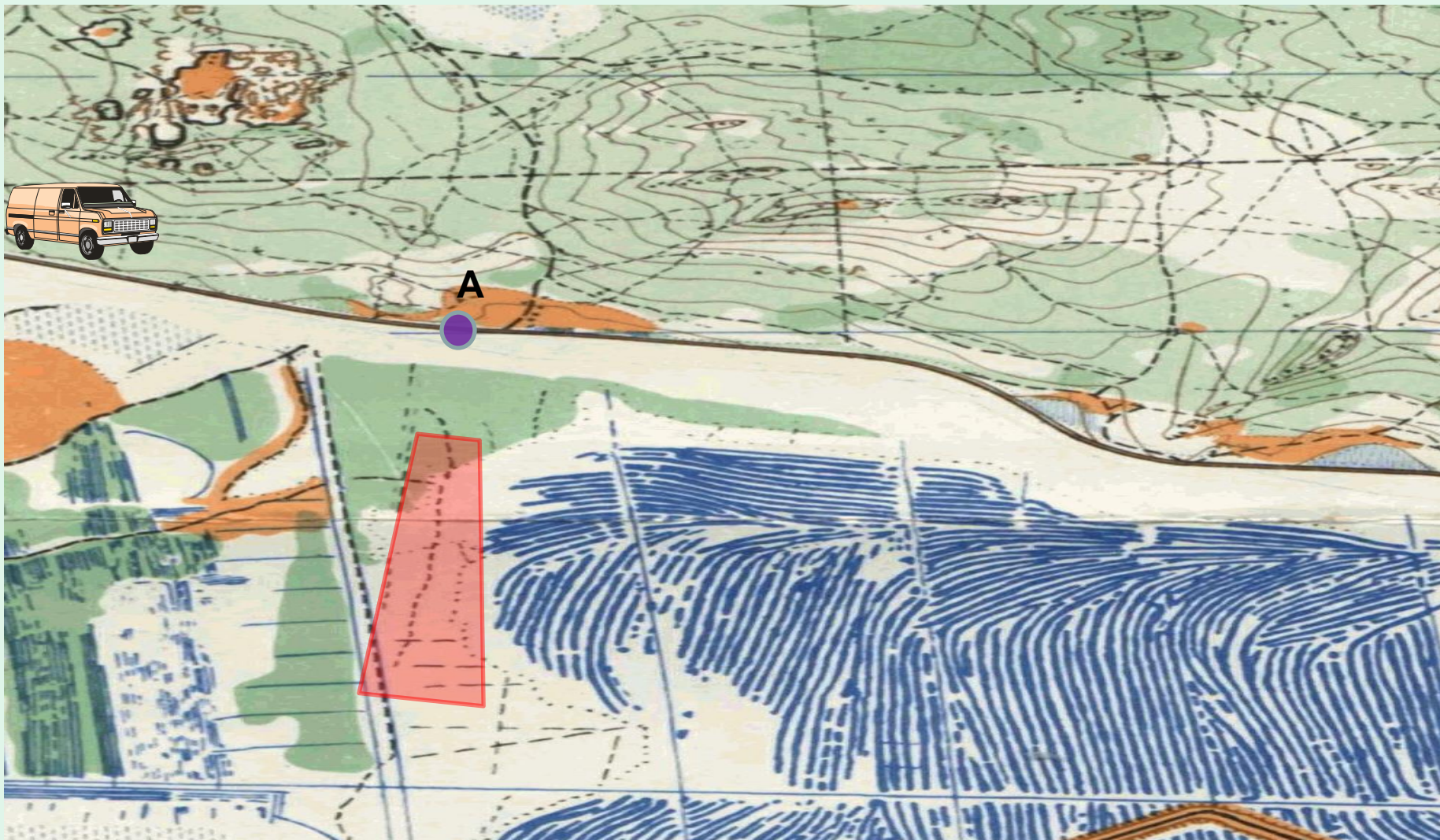
**Задачи обнаружения и локализации источников ИИ, несанкционированно (вследствие какого-либо ЧП, техногенной аварии, либо злоумышленно) оказавшихся на некотором участке территории**

Кроме того, предусмотрено решение широкого круга задач радиационного контроля, таких как:

- определение зон загрязнения в случае аварии с радиоактивными материалами;
- контроль за нераспространением ядерных материалов (в том числе ядерных боеприпасов);
- противодействие террористическим группировкам по использованию радиоактивных материалов;
- частные задачи: А) идентификация обнаруженных ИИ; Б) определение активности радионуклидов в обнаруженных ИИ.

# I. Постановка задачи

Обычно (при использовании КРК без гамма-сканера) указанная задача обнаружения и локализации решается **«просто»**: КРК движется с некоторой невысокой скоростью (<20 км/ч) по трассе и ..... выявляются участки, на которых может находиться ИИИ



- Однако «простота» процедуры проведения рад. контроля – кажущаяся. Практика использования КРК показывает, что задачи обнаружения и локализации ИИИ - нетривиальны.

Действительно, при движении по трассе с жестко закрепленными детекторами можно определить только положение линии, перпендикулярной участку трассы, на которой может находиться обнаруженный ИИИ. Расстояние же от трассы до ИИИ остается неизвестным (точнее – может быть определено с весьма большой погрешностью, превышающей  $\pm 50\%$ , даже если использовать специальные алгоритмы [4]). А если ещё учесть и погрешность определения положения указанной линии, то итоговая точность локализации, т.е. размеры «области неопределенности» с обнаруженным ИИИ, превышают значения 100-1000 м<sup>2</sup> (в зависимости от активности обнаруженного источника). Это довольно большая площадь для отыскания на ней малогабаритной капсулы с ИИИ.

- По т.н. «регламентированной» (типовой) тактике далее из автомобиля РК должен выходить «сталкер» с переносным прибором и на указанной площади искать ИИИ. Время поиска при такой тактике может оказаться довольно большим (особенно, если участок местности – труднопроходимый).

- Площадь «области неопределенности» с обнаруженным ИИИ, и соответственно – время поиска МОЖНО существенно уменьшить (не менее, чем на порядок) путем использования сканирующего гамма-детектора (= «гамма-локатора»).

//Идея использования «гамма-локатора» в задачах поиска не оригинальна. В частности, она была озвучена нашим уважаемым коллегой *Васильевым Сергеем Константиновичем* на ППСР-2009 (ФГУП «Аварийно-технический центр Минатома России», г.Санкт-Петербург) [6] .

- Однако критический анализ используемых сканеров показал, что при решении «двуединой» задачи обнаружения и локализации ИИИ применение только одного «гамма-локатора», (в частности, как предложено в [6]), не годится.

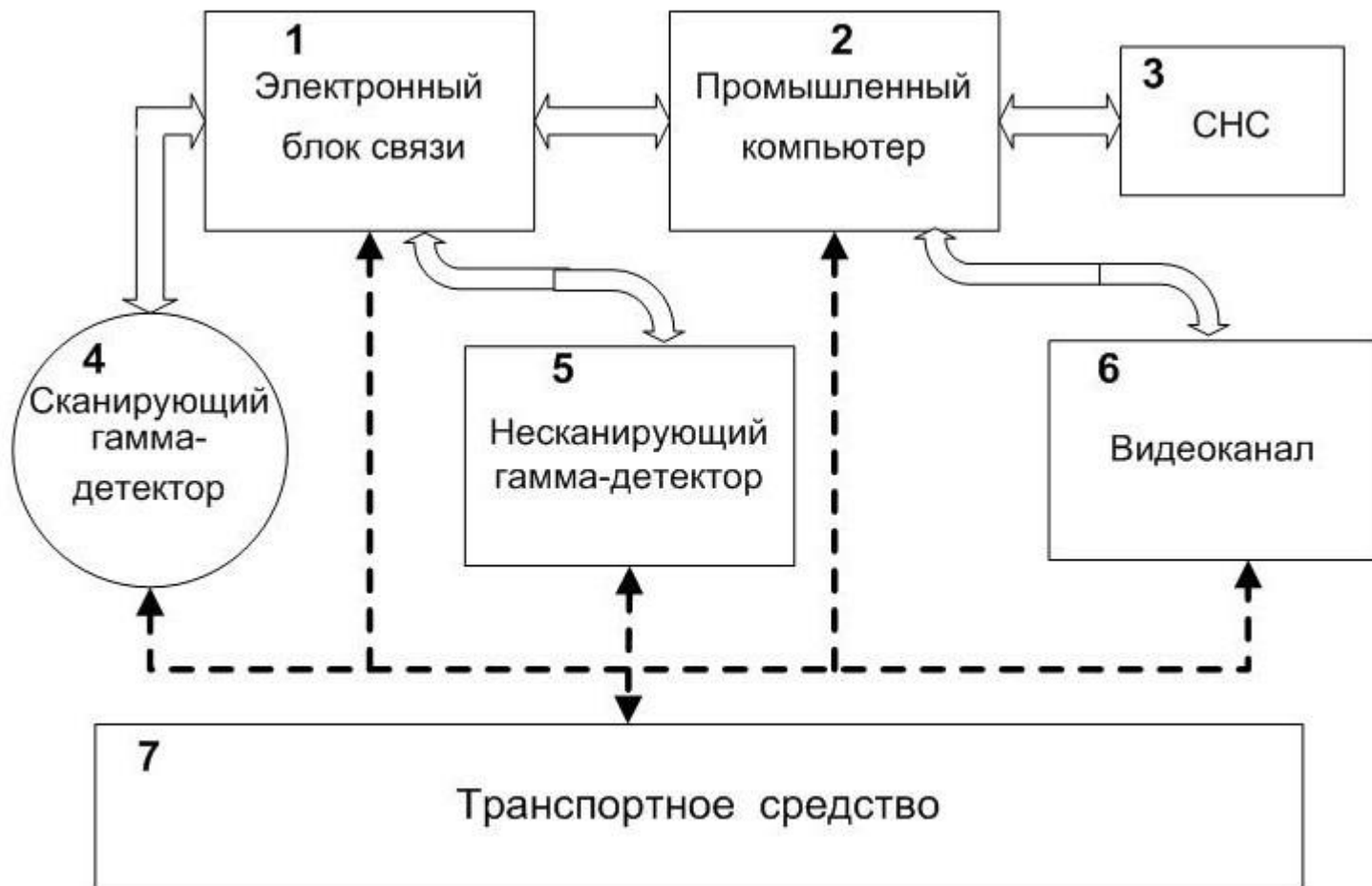
Критический анализ аналогичных решений показывает, что применение только одного «гамма-локатора» в составе КРК приведёт к недопустимо высокой вероятности пропуска сигнала от ИИИ. Кроме того, ввиду противоречивости требований к углу коллимации ГСк либо не будет обеспечена необходимая точность локализации, либо, при малом угле коллимации, потребуется слишком низкая скорость перемещения комплекса при решении задачи поиска.

- Итак, анализ показывает, что:

необходим 2-х канальный вариант построения поискового КРК.

# Состав комплекса

/Упрощенная структурная схема/





## ответственно тактика использования КРК

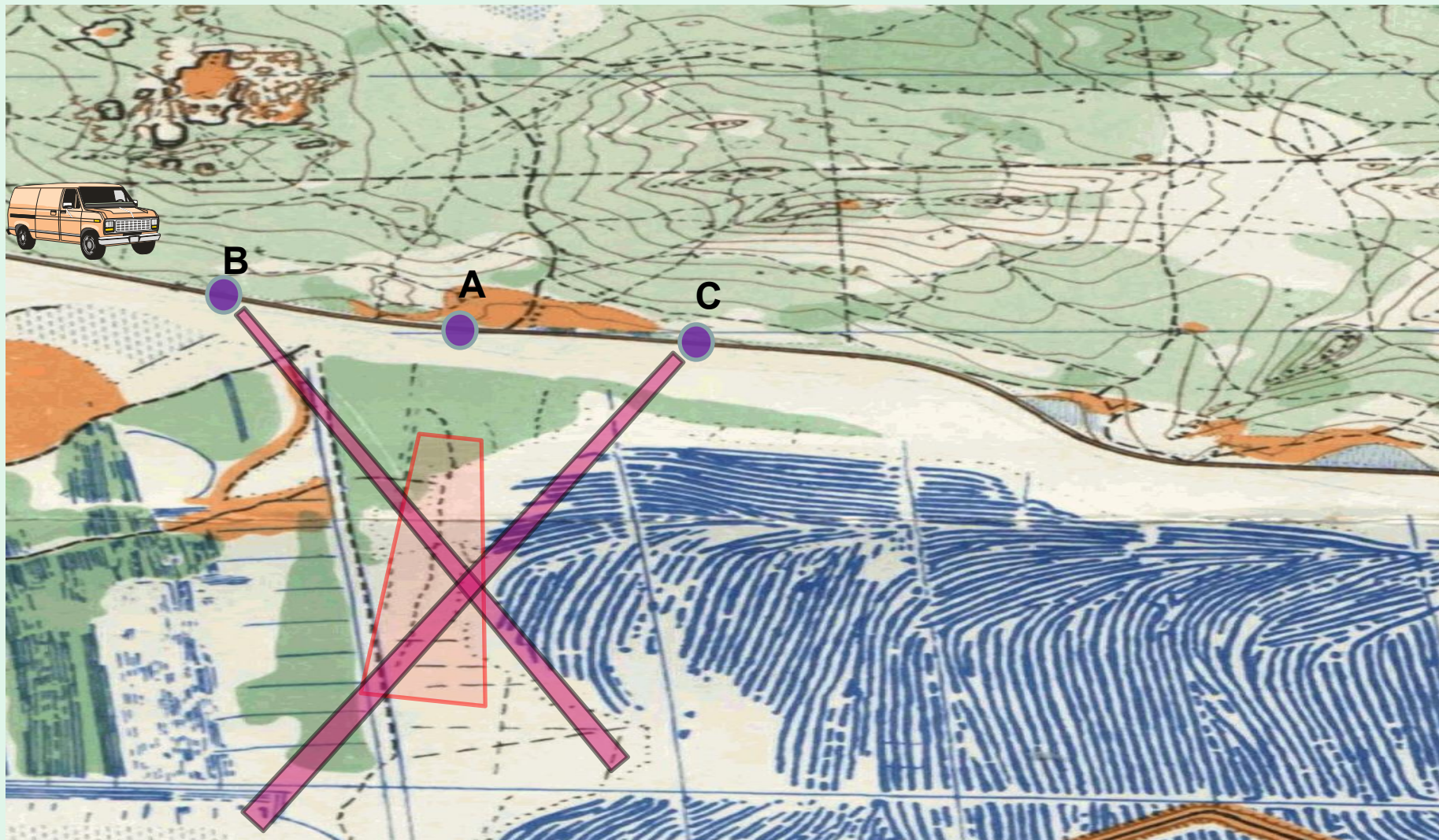
должна включать в себя

2 последовательных этапа:

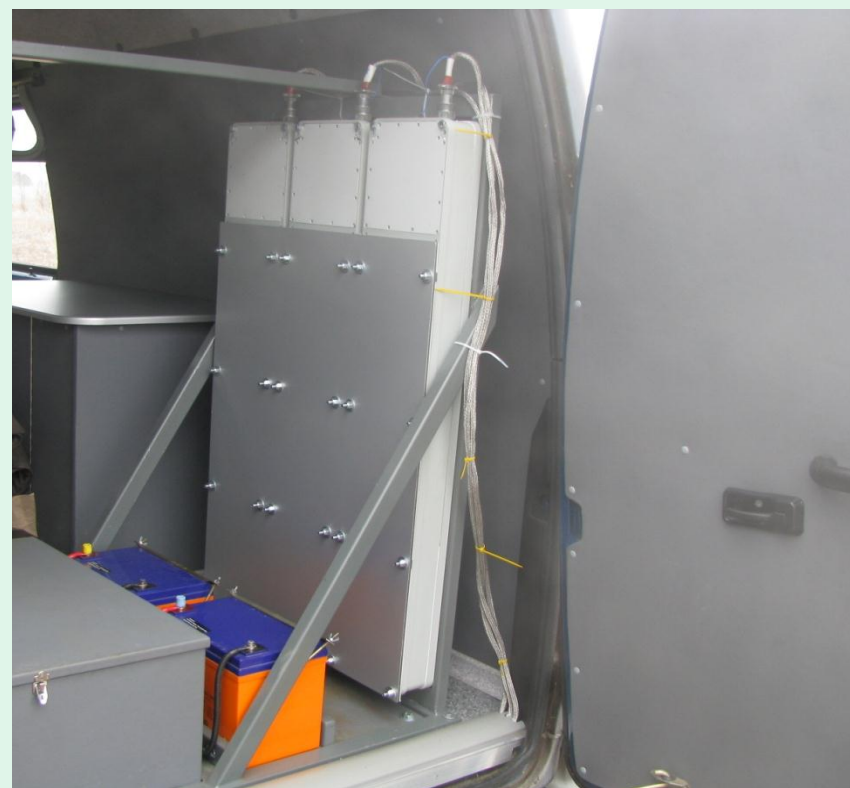
- сначала (на 1-м этапе поиска) определяются точки на трассе с предположительно обнаруженными ИИИ (так называемые «подозрительные» точки; на иллюстрации – точка А);
- на 2-м этапе, после остановки КРК вблизи указанных точек, осуществляется сканирование с целью подтверждения наличия ИИИ и его локализации.

## II. Работа с гамма-сканером

Обнаружение и уточнение координат местонахождения ИИИ средствами неподвижного КРК, устанавливаемого в точках В и С по «целеуказаниям 1-го этапа» .

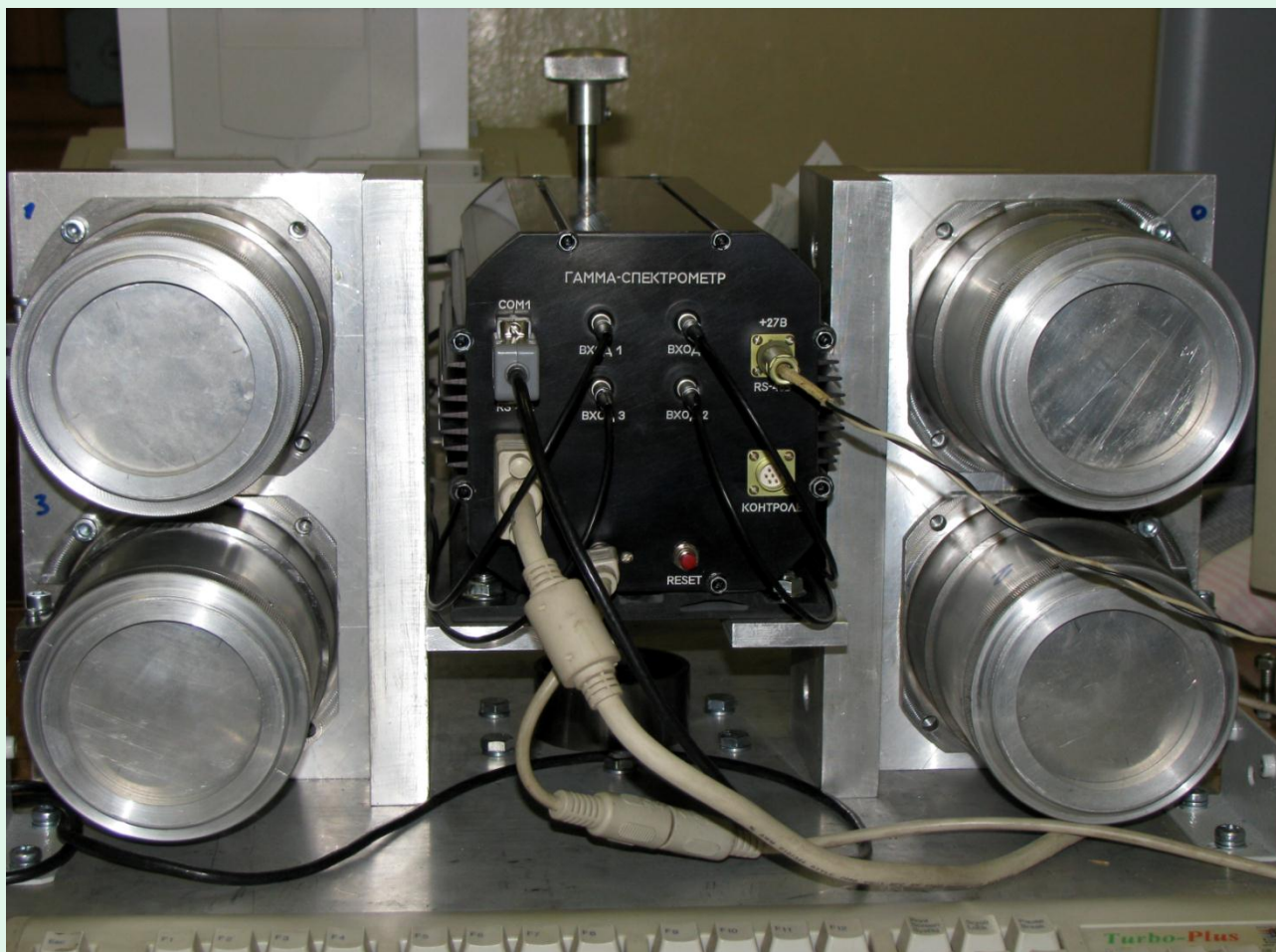


Несканирующий гамма-канал на основе больших пластмассовых сцинтилляторов; детекторы устанавливаются по левому и правому бортам автомобиля, по 3 шт.

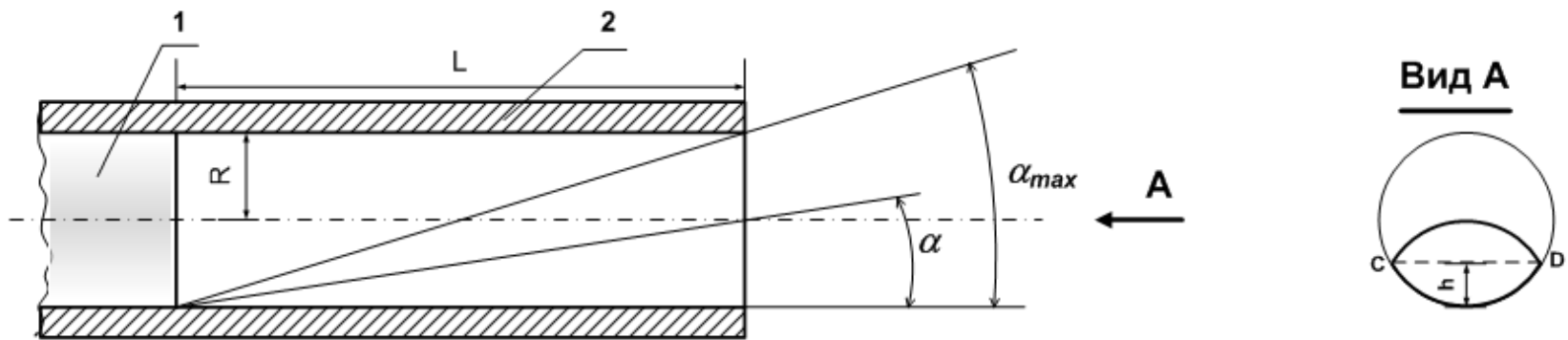


Детекторы заимствованы из нашей предыдущей разработки [1]

Сканирующий гамма-канал (испытан только в макетном варианте исполнения). Испытания подтвердили расчетные значения порогов обнаружения и угла коллимации



# К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ УГЛА ПОЛЯ ЗРЕНИЯ СКАНИРУЮЩЕГО ГАММА-ДЕТЕКТОРА



1 – сцинтилляционный детектор;

2 – свинцовый коллиматор;

$L$  – глубина коллиматора. На виде А показана освещенная источником ИИ часть входного окна сцинтилляционного детектора при угле визирования на ИИИ, равном  $\alpha$  (2 зеркально симметричных сегмента, выделенные жирной линией);

$h$  – стрела сегмента;

$CD = x$  – хорда сегмента.

## К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ УГЛА ПОЛЯ ЗРЕНИЯ СКАНИРУЮЩЕГО ГАММА-ДЕТЕКТОРА - 2

- Координаты центра площадки с обнаруженным ИИИ должны определяться с погрешностью размера стороны не более  $\Delta l \cong \pm 5 \text{ м.}$
- При расстоянии от мобильного КРК до ИИИ порядка 80–100 м указанная выше погрешность локализации  $\Delta l = \pm 5 \text{ м}$  соответствует значению погрешности определения углового направления на ИИИ

$$\Delta\alpha = \text{arctg}(5/100) = 0,05 \text{ рад} \cong \pm 3^\circ.$$

- Расчеты, выполненные методом статистических испытаний с использованием алгоритмов [6, 7], показывают, что погрешность определения положения центра тяжести кривой, описывающей форму сигнала, при амплитуде сигнала, соответствующей вероятности обнаружения  $\geq 98 \%$ , составляет величину порядка 0,1 от длительности сигнала.
- Таким образом, угол поля зрения сканирующего детектора не должен превышать  $\alpha_{ПЗ} = \Delta\alpha/0,1 = 30^\circ$ ; соответственно максимальный угол визирования (рис.ПЗ)

$$\alpha_{\text{max}} = \alpha_{ПЗ}/2 = \pm 15^\circ.$$

# Основные технические характеристики комплекса

Пороговые характеристики (приведены для случая использования 3-х счетных детекторов по каждому борту и 4-х спектрометрических детекторов в составе гамма-сканера с кристаллами NaI-Tl 63x63).

## 1. Минимальная обнаруживаемая активность источника $^{137}\text{Cs}$

на расстоянии 100 м, соответствующая вероятности обнаружения 0,95:

- по счетному гамма-каналу – **не более 6 мКи**;  
(при скорости движения комплекса не более 20 км/ч),
- по спектрометрическому гамма-каналу – **не более 6 мКи**  
(при угловой скорости сканирования не более 0,5 град/с).

Приведенные цифры рассчитаны для условий:

уровень фона не более 0,15 мкЗв/ч,

задаваемая вероятность ложной тревоги не менее 0,05.

## 2. Эксплуатационные характеристики

Разработанный комплекс должен сохранять работоспособность при воздействии неблагоприятных внешних факторов:

- синусоидальной вибрации с частотами от 5 до 500 Гц с виброускорением до 2g;
- многократных ударов с пиковым ускорением до 6g при длительности импульса 20 мс;
- повышенной температуры до 55 °С;
- пониженной температуры до минус 40 °С.

Прикладное программное обеспечение для комплекса РК является развитием предыдущей разработки.

При разработке программного обеспечения использованы оригинальные алгоритмы, основанные на применении методов теории обнаружения. Алгоритмы защищены патентами Российской Федерации





Описанный  
комплекс РК  
(структурная  
схема и  
алгоритм  
работы) также  
запатентован

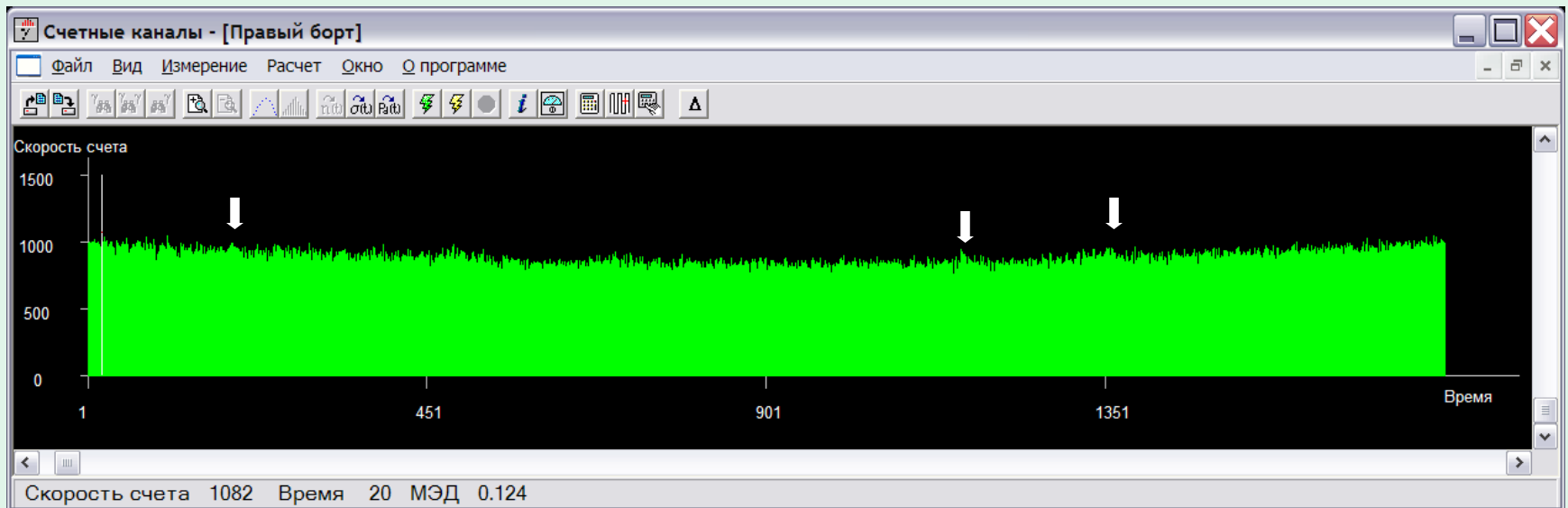


# Литература

1. Мобильный комплекс радиационного контроля / А. В. Кружалов, В. Л. Петров, А. С. Шеин, В. С. Андреев, Л. В. Викторов, А. Л. Крымов, Г. А. Кунцевич, Б. В. Шульгин // Проблемы прикладной спектрометрии и радиометрии □ 2009 (ППСР-2009): тезисы доклада на XI Международном совещании. 20 - 25 сент. 2009. С. 23.
2. Мобильные комплексы радиационного контроля . Сборник научных разработок. /Под ред. Профессоров Б.В.Шульгина и А.В.Кружалова. Екатеринбург. УрФУ. 2011, 137 с.
3. Мобильный комплекс радиационного контроля / Шеин А. С., Викторов Л. В., Петров В. Л., Шульгин Б. В. Пат. 98823 РФ, МПК G01T 1/00. – № 2010108797. Заявл. 09.03.2010; опубл.27.10.2010, Бюл. № 30.
4. Способ обнаружения слабых потоков ионизирующих излучений / Л. В. Викторов, А. В. Кружалов, А. С. Шеин, Б. В. Шульгин и др. Пат. 2140660 РФ. Заявл. 10.02.1998; опубл. 27.10.1999. Бюл. № 30.
5. Способ поиска и обнаружения источников ионизирующих излучений / Л.В.Викторов, К.В. Ивановских, Ю.Г. Лазарев, В.Л. Петров, А.С. Шеин, Б.В. Шульгин// Патент РФ №2242024. Б.и., 10.12.2004, №34.
6. Васильев С. К. «Высококочувствительное сканирующее устройство для обнаружения и локализации источников гамма-излучения» // Проблемы прикладной спектрометрии и радиометрии □ 2009 (ППСР-2009). Доклад. ФГУП «Аварийно-технический центр Минатома России», г.Санкт-Петербург. Сайт: <http://www.ekosf.ru>

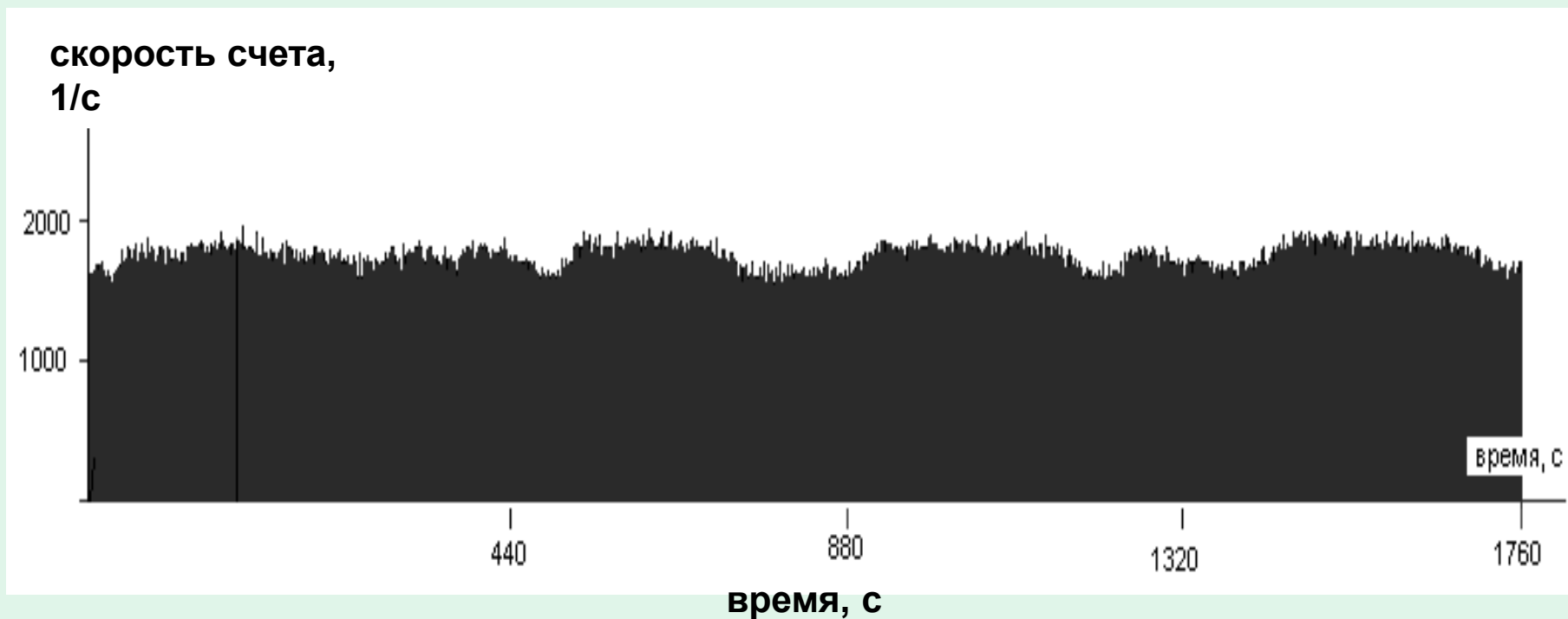
# Приложение

Использование упомянутых выше алгоритмов обнаружения хорошо «работает» только в случае, если фоновое излучение представляет собой стационарный эргодический процесс (или близкий к нему)

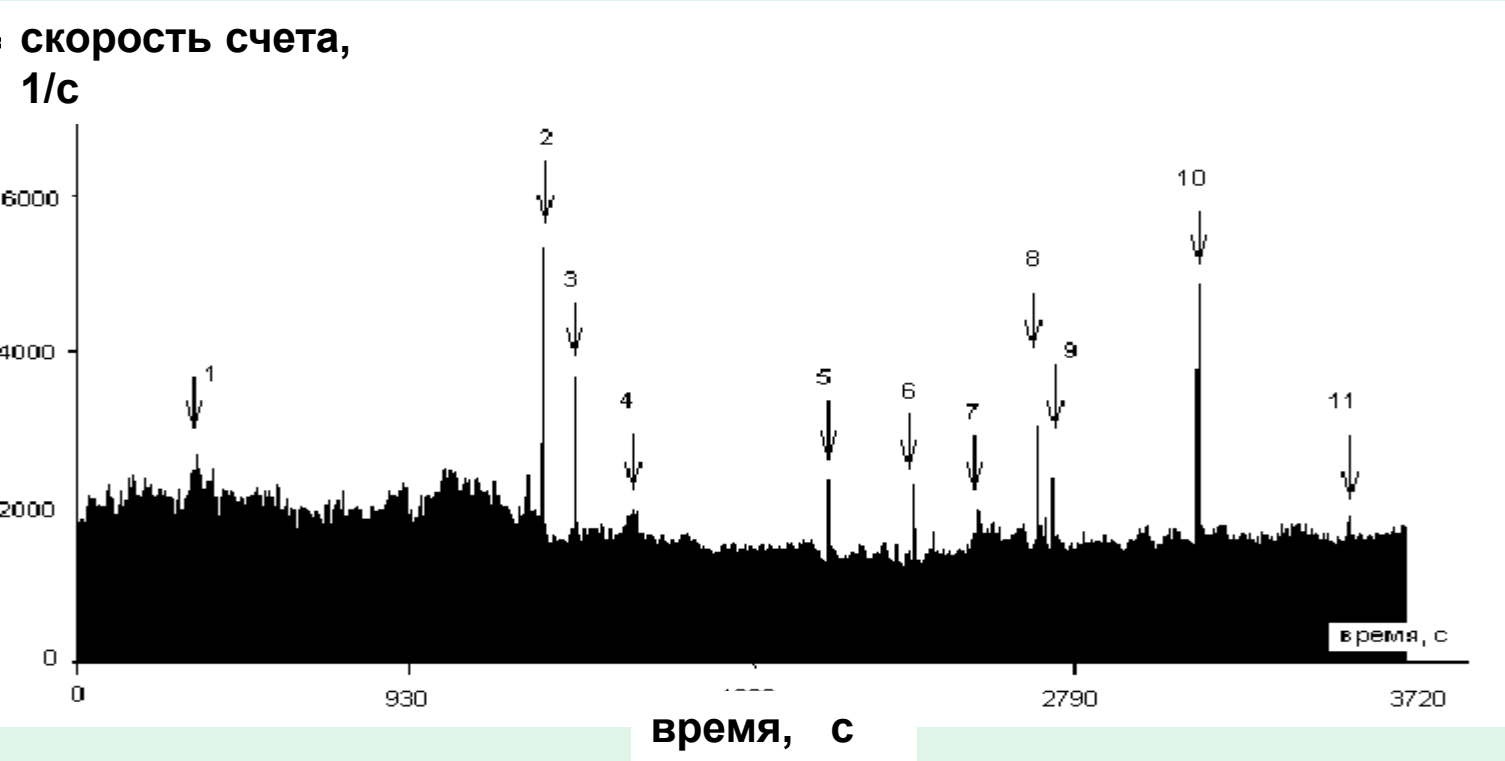


**На графике приведен результат измерения гамма-излучения в условиях медленно меняющегося уровня фона. (Стрелками показаны обнаруженные программой «Поиск» сигналы).**

## Другой случай сравнительно плавно меняющегося уровня фона



Однако нередко случаи, когда при выполнении измерений «on-line» гамма-фон флуктуирует настолько сильно, что различить и выделить сигнал от ИИИ практически не представляется возможным. Но.... Здесь может помочь только расшифровка в режиме «off-line» совокупности данных, получаемых синхронно от детекторов, GPS и видеокамер



Зависимость скорости счета от времени  $n(t)$ , измеренная в процессе радиационного контроля при помощи счетного гамма-канала автомобильного комплекса «Соратник-01» на федеральной трассе М5, участок Сызрань-Самара

- Главным преимуществом сканирующего гамма-канала является:

исключение вклада дополнительных

*флуктуаций гамма-фона*, обусловленных дорожным покрытием и придорожными сооружениями, т.к. сканирование выполняется в стационарном состоянии комплекса РК.

Такой режим работы гамма-сканера позволяет существенно

**понижить пороги обнаружения**

почти до теоретически предельного уровня.

Кафедра экспериментальной физики  
*Уральский федеральный университет*  
*имени первого Президента России Б.Н.Ельцина (УрФУ)*

**Спасибо**  
**за внимание!**

8(343)375-47-11    victorov@e1.ru