

Сложный ТРИЗ-проект (И. Мисюченко)

Краткая презентация содержания, сути и хода выполнения наиболее творческой части проекта и его ТРИЗ-составляющей, презентация на соискание 4-го уровня

2 апреля 2020 г.

Исходная техническая задача

- Разработать компактный бюджетный прибор, регистрирующий радионуклиды в воздухе (радон, торон и продукты их распада) с чувствительностью и инерционностью, сопоставимой с профессиональным оборудованием.
- Плановая разница в себестоимости по сравнению с профессиональными приборами – примерно 20-50 раз
- Требования к массогабаритным характеристикам при этом ужесточаются в 5-10 раз
- Нельзя использовать механическую продувку воздуха через датчик, расходные материалы (как делается в профессиональном оборудовании)
- Исходное мнение специалистов - задача неразрешима при существующем уровне техники.

Бенчмаркинг существующих систем

- Аналитическая стадия начата с теории регистрации радионуклидов в воздухе и бенчмаркинга
- Бенчмаркинг показал, что профессиональное оборудование практически всегда использует принудительную продувку больших объемов воздуха через специальную мембрану, на которой улавливаются радионуклиды. Затем их количество оценивается стандартными сенсорами и методами. Характеристики лучших образцов достаточно близки, следовательно близок предел развития.
- Бенчмаркинг бытовых приборов с тем же функционалом, показал что лидирующий принцип действия – электростатическое накопление радиоактивных продуктов распада и их анализ теми же стандартными датчиками (альфа, бета или гамма излучений).
- Основной вывод из бенчмаркинга – надо использовать физический принцип бытовых датчиков, но повысить его эффективность в десятки раз.

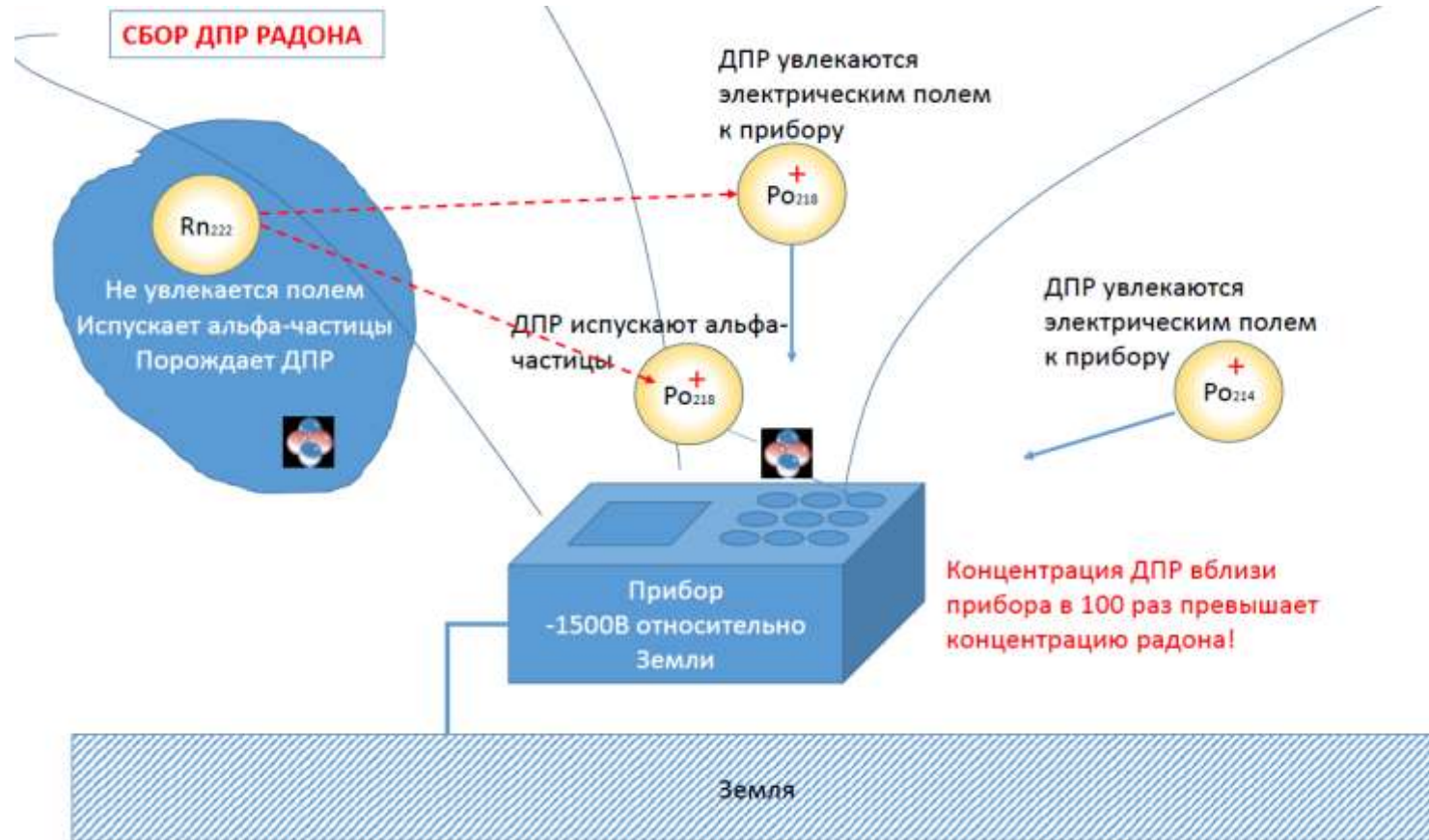
Функционально-компонентный анализ

- За основу системы взят бытовой измеритель радионуклидов с электростатической ловушкой и произведен функционально-компонентный анализ его сенсорной части
- Анализ показал, что главным действующим компонентом, вызывающим повышение концентрации (накопление) продуктов распада в датчике является электрическое поле. Недостаток этого поля – его малый объём, что приводит к осаждению малого количества продуктов распада и к малому темпу их осаждения на датчике излучений.
- Образ решения – расширить объём собирающего радионуклиды поля до объёма всего помещения, не изменяя объёма прибора. Для этого придётся вмешаться в физический принцип работы электростатической ловушки

Синтез решения «эффективная ловушка»

- Поле в существующих приборах занимает малый объём, поскольку электроды, его создающие, расположены близко (в самом приборе)
- Чтобы расширить поле до размеров помещения достаточно чтобы второй (положительный) электрод занимал бы стены, пол и потолок помещения.
- Как этого достичь? Необходимо, чтобы второй электрод был бы связан с потенциалом Земли, поскольку всё помещение находится на Земле.
- Как соединить электрод с потенциалом Земли? Через осветительную сеть, в которой хотя бы один электрод обязан иметь гальваническую связь с Землей.
- Решение: **триммингуем второй электрод**, ловушка содержит только один электрод, вторым электродом является осветительная сеть.

Синтезированное техническое решение

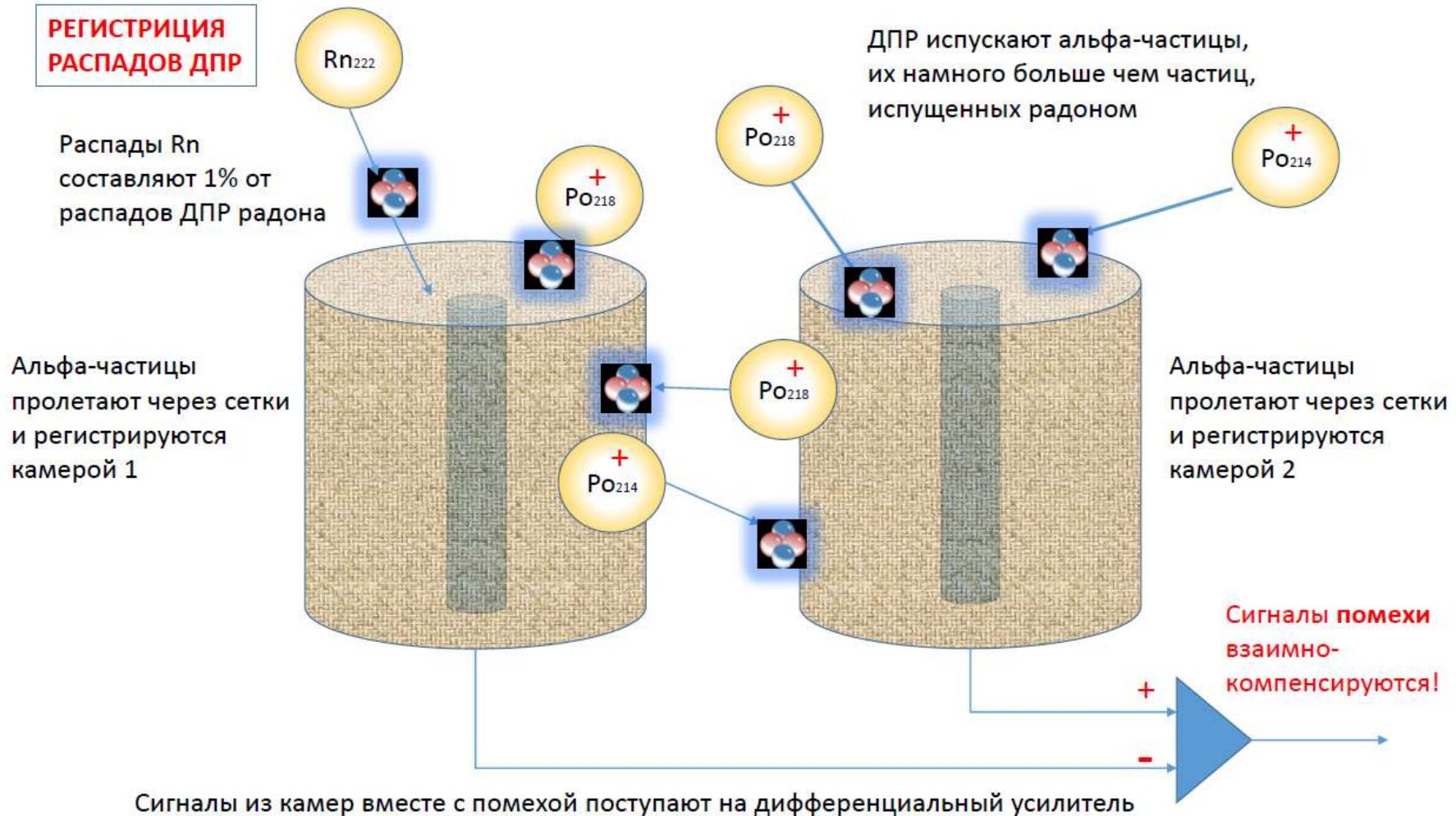


- Путём **тримминга положительного электрода** ловушки радионуклидов получено увеличение рабочего объёма ловушки радионуклидов в 50-100 раз с соответствующим ростом чувствительности. Подана международная заявка.

ФСА (функционально-стоимостной анализ)

- Поскольку к себестоимости предъявлены очень жесткие требования, необходимо выявить самые дорогие компоненты в существующих аналогах и заменить их на дешевые, либо подвергнуть триммингу
- ФСА показал что самый дорогой компонент бытовых вариантов приборов – датчик радиоактивных излучений. Следовательно, необходим отказ от существующих дорогих датчиков (полупроводниковых, счётчиков Гейгера, сцинтилляторов и т.п.)
- В то же время ФСА профессиональных приборов показал, что в них используются зачастую крайне дешевые датчики с очень старым принципом действия (открытые воздушные ионизационные камеры). Они ничего не стоят сами по себе, но имеют огромный недостаток – высокую чувствительность к механическим колебаниям. В большом приборе это не является серьёзной проблемой, так как камеру можно сделать тяжелой и установить на хорошей амортизирующей подвеске. Для малогабаритных устройств этот путь закрыт.

Синтез решения «дешевый датчик»



- Путём перехода к **бисистеме** главный недостаток дешевого сенсора успешно устранён, попутно, как сверхэффект, получено удвоение его чувствительности. Выдан патент РФ.

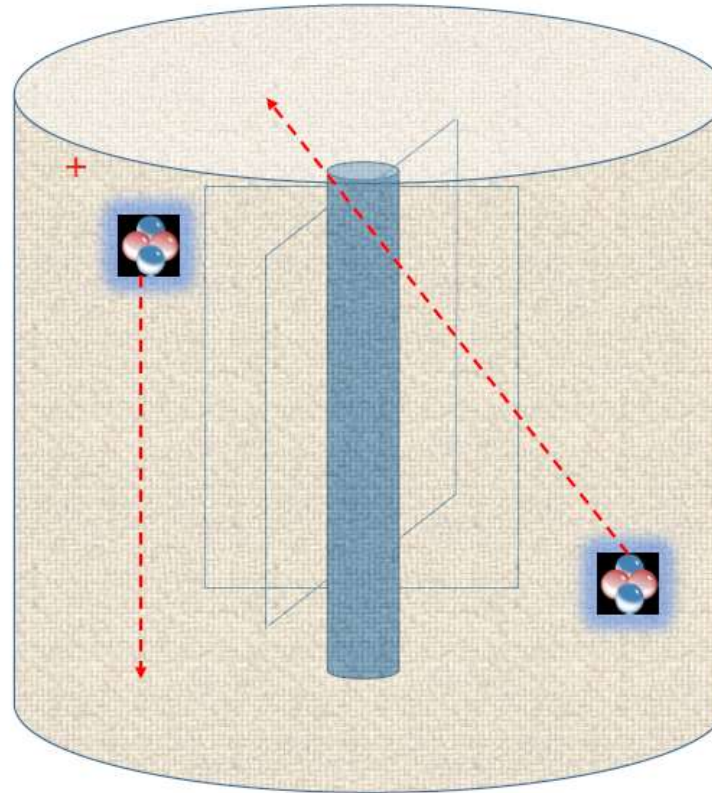
Дальнейшее совершенствование сенсора

- Поскольку ионизационная камера (бикамера в полученном решении состоит из двух обычных) должна иметь габариты, сопоставимые с длиной пробега детектируемых частиц в воздухе (5-7 см), то полноценная камера в малогабаритном приборе невозможна. Уменьшенная камера – неполноценна и сильно теряет в чувствительности. Для устранения этого недостатка ставится *вторичная задача* – повышения чувствительности геометрически малых ионизационных камер.
- Синтезировано 3 решения различными инструментами ТРИЗ:
- **Камера с многонитевым анодом** (многонитевый анод уменьшает среднее расстояние до пролетающей через камеру частицы в разы и тем увеличивает амплитуду регистрируемых импульсов). Применен *Функционально-компонентный анализ, динамизация, развертывание системы*. На данное решение получен патент на Полезную модель.
- **Камера с полимерной оболочкой** (тонкая полимерная оболочка уменьшает длину пробега частицы в камере, делая её сопоставимой с характерным размером камеры и это превращает малую ионизационную камеру из неполноценной в полноценную). Кроме того, на последнем участке траектории частицы сильно возрастает ионизирующая способность частиц, что приводит к увеличению амплитуды регистрируемых камерой импульсов. Применены *противоречия, приемы разрешения противоречий и метод X-элемента*. Данное решение оставлено как ноу-хау.
- **Камера с воздушным газовым усилением** (при повышении напряжения на аноде и уменьшении диаметра анода даже в открытом воздухе возможен режим газового усиления, что ведёт к многократному повышению чувствительности камеры). Идея решения взята из *анализа альтернативных систем*, осуществлен *перенос свойств*, при этом *преодолены физические ограничения*, связанные с гашением эффекта электронного газового усиления кислородом воздуха. Решение оставлено как ноу-хау.

Пример решения вторичной задачи

ИОНИЗАЦИОННАЯ КАМЕРА С МНОГОНИТЕВЫМ АНОДОМ

Альфа-частица
пролетает вдоль
стенки



Альфа-частица
пролетает через всю
камеру

Расстояние от любой точки трека частиц оказывается не более 5 мм до ближайшей анодной нити (центральной или боковой). Напряженность поля вблизи стенок также сильно возрастает по сравнению с одной центральной нитью. Это уменьшает влияние рекомбинации ионов трека в разы и увеличивает сигнал. Кроме того, сокращается длительность собирания ионов на аноде.

- **Многонитевый анод** повышает эффективность ионизационной камеры за счёт сокращения среднего расстояния от частицы до анода камеры. Получен патент РФ на Полезную модель.

Результаты проекта

- Разработан и доведен до мелкосерийного производства бытовой прибор, измеряющий уровень радионуклидов в воздухе со скоростью и чувствительностью лучших образцов профессиональных приборов
- Себестоимость прибора снижена до 30\$ США в крупной серии (до 60\$ в мелкой)
- Проведены испытания прибора, подтвердившие технические характеристики
- Осуществлены пилотные продажи B2C, внедрение на отдельных предприятиях вместо дорогих профессиональных моделей

Невозможное – возможно. Спасибо за внимание!

