

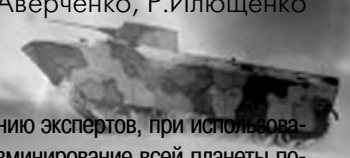
## МОБИЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ОБНАРУЖЕНИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ ТЕХНОЛОГИЯ РАЗМИНИРОВАНИЯ XXI ВЕКА

А.Карев, В.Раевский, Ю.Коняев,  
А.Румянцев, А.Аверченко, Р.Илющенко

**Проблема разминирования территорий, насыщенных минами различных типов, чрезвычайно актуальна для всего человеческого общества. Предлагаемый мобильный комплекс основан на принципиально новом методе обнаружения взрывчатых веществ – гамма-активационном – и использует безлюдную технологию. Комплекс обеспечивает высокий уровень безопасности выполнения работ, удовлетворяет требованиям стандарта ООН к таким системам и в сотни раз увеличивает скорость разминирования. Применение комплекса особенно эффективно при разминировании больших площадей, например сельскохозяйственных угодий. Мирowych аналогов разработка не имеет.**

XX век оставил новому столетию тяжелое наследство – "минную чуму". По оценкам ООН, на планете в результате локальных войн и террористических акций в 70 странах установлено 100–120 млн. мин различных типов и засорение ими территорий продолжается – по данным МАГАТЭ, сегодня на каждую найденную и обезвреженную мину приходится 20 вновь установленных. Ежедневно в мире жертвами мин становятся 70 человек, и каждый третий пострадавший – ребенок. Кроме того, земли, зараженные "минной чумой", не могут быть включены в хозяйственный оборот, что существенно для перенаселенных стран с малыми территориями. Эти проблемы в равной степени относятся к России и странам СНГ. Так, на сегодняшний день на территории только девяти субъектов РФ, где проходили бои Великой Отечественной войны, требуют разминирования свыше 5400 км<sup>2</sup> земель [1].

Для борьбы с "минной чумой" сконцентрированы организационные, финансовые, научные и технологические усилия различных международных, национальных правительственных, неправительственных и религиозных организаций. ООН в 1996 году были разработаны "Международные стандарты на проведение операций по разминированию в рамках гуманитарных акций под эгидой ООН" [2]. В этих стандартах определен весь комплекс необходимых мероприятий и сформулированы основные требования к качеству очистки территорий – удаление 99,6% взрывоопасных предметов, находящихся в земле на глубине до 20 см. К сожалению, имеющиеся технические средства обнаружения и нейтрализации мин не обеспечивают столь высокое качество очистки, и более 80% очищаемых территорий сего-



дня разминируются вручную. По мнению экспертов, при использовании существующих технологий на разминирование всей планеты потребуется около 1000 лет и 65–100 млрд. долл., а на каждые 5 тыс. обезвреженных мин придется один погибший и двое покалеченных саперов.

### СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ МИН

Среди технических средств, применяемых в акциях по гуманитарному разминированию, наибольшее распространение получил индукционный миноискатель, способный обнаруживать несколько граммов металла, содержащегося в минах с неметаллическими корпусами. Однако высокая чувствительность миноискателя приводит к тому, что на одну обнаруженную мину приходится до 100–1000 ложных сигналов, источниками которых становятся осколки и пули, находящиеся в земле. Это делает практически невозможным дальнейшее использование прибора и заставляет сапера взять в руки саперный шуп и сантиметр за сантиметром прощупывать впереди себя почву: так ему удается очистить от мин за день от 20 до 50 м<sup>2</sup>. Кроме того, за время от окончания боевых действий до начала разминирования почва, как правило, покрывается травой и кустарником, что еще больше снижает темп поиска и увеличивает риск работы сапера. Для поиска мин используются также специально натренированные собаки, однако время уверенной работы собаки не превышает 30–50 мин, после чего надежность поиска резко падает.

На сегодняшний день известно большое число различных проектов создания устройств для поиска мин, основанных на различных методах обнаружения [3,4]\*. Среди этих разработок, уже прошедших натурные испытания,\*\* можно выделить подповерхностный локатор. Вероятность обнаружения мин у этого прибора сильно зависит от состояния почвы и не превышает 90%. У другого прибора – тепловизора – вероятность обнаружения может снижаться до 40% в зависимости от состояния погоды, грунта и времени суток.

К наиболее продвинутым в практическом отношении относятся ядерно-физические методы обнаружения мин, которые исследуются последние 20–30 лет. Значительный прогресс достигнут в разработке средств, основанных на методе нейтронной активации. Обладая рядом несомненных достоинств, приборы, основанные на этом методе, имеют и существенные недостатки, связанные с рассеянием и поглощением нейтронов водой, а также с сильной зашумленностью полезного сигнала многочисленными фоновыми процессами. По этим причинам одна из последних таких разработок позволяет обнаруживать с вероятностью 93% заряды взрывчатых веществ (ВВ) массой около 4 кг на глубине 20 см и заряды массой ВВ 300 г, когда они практически лежат на поверхности. При этом для их идентификации необходима экспозиция более 4 мин [5].

\*См. также: ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 1997, № 3-4, с.51-54.

\*\*См. также: ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2000, № 2, с.54-57.



Надо сказать, что ни один из разработанных к настоящему времени методов обнаружения мин по своим основным параметрам (чувствительности, избирательности, быстродействию) не удовлетворяет как требованиям стандартов ООН по гуманитарному разминированию, так и общей задаче глобального разминирования планеты в обозримом будущем.

На сегодня возможны два пути выхода из создавшегося технологического кризиса. Первый – дальнейшее совершенствование мультисенсорных систем, в которых сигнал обнаружения представляет функцию сигналов от различных датчиков, работающих на известных принципах обнаружения мин, а второй – использование принципиально новых методов обнаружения.

Реализация названных путей требует совершенно иного способа проведения работ по разминированию, а именно – отказа от ручных методов и перехода к безлюдной технологии. Развитие и применение безлюдной технологии в гуманитарном разминировании следуют по трем направлениям:

- 1) механизация очистки от мин без их обнаружения;
- 2) роботизация процесса обнаружения мин;
- 3) автоматизация разминирования (комбинация обнаружения и очистки).

Первое направление исторически связано с применением различных механических минных тралов в войсковых противоминных операциях. Эти тралы представляют собой металлические катки, фрезы и цепные устройства, которые, воздействуя на грунт, вызывают подрыв мины или ее разрушение. Производительность работ мощных тралов по очистке местности от мин может достигать 5600 м<sup>2</sup>/ч при глубине траления до 25 см. Однако современные тралы не обеспечивают тре-

буемого качества очистки территории, что сильно сдерживает их широкое применение [6].

Второе направление связано с разработкой и созданием мультисенсорных систем. В качестве удачного примера можно привести разработанный в Канаде мобильный комплекс, оборудованный индукционным миноискателем, подповерхностным локатором и телевизионными камерами видимого и ИК-диапазонов [7]. В ходе его испытаний вероятность обнаружения мин достигала 96%. Это, возможно, один из самых высоких показателей на сегодня, однако и при использовании этой системы число необнаруженных мин в 10 раз превышало допустимое стандартами ООН.

Третье направление – создание машин будущего, которые должны работать на минных полях самостоятельно, обнаруживать, обезвреживать мины и отмечать очищенную местность при соблюдении всех требований ООН к качеству разминирования.

Успешному решению проблемы гуманитарного разминирования будет способствовать высокоэффективный и быстродействующий мобильный комплекс, разработка которого в настоящее время ведется организациями, представленными авторами настоящей статьи. Работа комплекса базируется на принципиально новом методе обнаружения ВВ – гамма-активационном, взятом из арсенала физики средних и высоких энергий.

#### **ГАММА-АКТИВАЦИОННЫЙ МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ СКРЫТЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ**

Впервые использование гамма-активационного метода для целей обнаружения ВВ было предложено лауреатом Нобелевской премии Луисом Альваресом (L. Alvarez) в 1985 году. В дальнейшем эта методика развивалась В.П.Трауэром (Trower W.P.) [8] и в Физическом институте им.П.Н.Лебедева РАН (ФИАН). Суть метода состоит в обнаружении в обследуемом объеме повышенной концентрации азота и углерода – химических элементов, составляющих основу всех современных боевых ВВ. Для этого используется регистрация продуктов распада короткоживущих изотопов <sup>12</sup>B (бор-12) и <sup>12</sup>N (азот-12) с периодами полураспада 20,2 и 11,0 мс, соответственно. Эти изотопы рождаются в результате фотоядерных реакций <sup>14</sup>N(γ,nn)<sup>12</sup>N, <sup>14</sup>N(γ,pp)<sup>12</sup>B, <sup>13</sup>C(γ,p)<sup>12</sup>B на азоте (<sup>14</sup>N) и углероде (<sup>13</sup>C) (примесь изотопа <sup>13</sup>C в природном углероде – 1,107 %) при их облучении гамма-квантами с энергией, большей порогового значения E<sub>γ</sub> для <sup>14</sup>N – 24 и 31 МэВ и для <sup>13</sup>C – 17 МэВ. Изотопы <sup>12</sup>B и <sup>12</sup>N являются β-активными и в процессе распада испускают электроны и позитроны с максимальной энергией порядка 13 МэВ и 17 МэВ, которые, двигаясь в веществе, в свою очередь, индуцируют гамма-кванты.

Выбор этих фотоядерных реакций в качестве реперных обеспечивает высокую селективность метода обнаружения ВВ. Дело в том, что при облучении любых других химических элементов гамма-пучком с энергией меньше 100 МэВ не образуется никаких изотопов с периодом полураспада в диапазоне от 1 до 100 мс. Если же кратковременно облучить обследуемый объект гамма-пучком с энергией выше пороговых значений E<sub>γ</sub> для данных реакций, то в последующем временном интервале 1–20 мс он откликнется (при наличии в нем достаточной концентрации атомов азота и/или углерода) потоком вторичных частиц от распада изотопов <sup>12</sup>B и <sup>12</sup>N. И если в течение этого промежутка времени включить на регистрацию детектор вторичного излучения, то можно получить высококонтрастный сигнал, свидетельствующий о наличии в образце азота и/или углерода. В противном случае этот поток отсутствует.

Малое время экспозиции, необходимое для обнаружения ВВ (20 мс), обеспечивает высокое быстродействие метода. Процедуру поиска ВВ можно повторять с частотой 50 Гц, смещая точку облуче-

#### **Представляем авторов статьи**

**КАРЕВ Александр Иванович.** Кандидат физико-математических наук. Старший научный сотрудник Физического института им.П.Н.Лебедева РАН. Окончил МИФИ. Автор более 50 публикаций. Сфера профессиональных интересов – экспериментальная ядерная физика.

**РАЕВСКИЙ Валерий Георгиевич.** Кандидат физико-математических наук. Заведующий отделом Физического института им.П.Н.Лебедева РАН. Окончил МИФИ. Автор более 70 публикаций. Сфера профессиональных интересов – экспериментальная ядерная физика.

**КОНЯЕВ Юлий Андреевич.** Доктор технических наук, лауреат Ленинской премии и премии Правительства РФ. Зам. Главного конструктора ОАО НПО "АЛМАЗ" им. академика А.А.Расплетина. Окончил МЭИ. Автор более 50 публикаций и 34 изобретений. Сфера профессиональных интересов – квантовая электроника, прецизионные системы управления.

**РУМЯНЦЕВ Андрей Сергеевич.** Кандидат технических наук. Зам. Главного конструктора ОАО НПО "АЛМАЗ" им. академика А.А.Расплетина. Окончил МЭИ. Автор более 40 публикаций и 23 изобретений. Сфера профессиональных интересов – квантовая электроника, оптико-электронные системы информации и управления.

**АВЕРЧЕНКО Александр Миронович.** Доктор технических наук. Начальник 15 ЦНИИИ МО РФ им.Д.М.Карбышева. Автор более 120 публикаций.

**ИЛЮЩЕНКО Ренальд Ренальдович.** Начальник научно-исследовательского отдела 15 ЦНИИИ МО РФ им.Д.М.Карбышева. Автор более 30 публикаций.

ния исследуемой зоны и осуществляя таким образом режим сканирующего обследования. Еще одно преимущество описываемой методики – в качестве как зондирующего излучения, так и носителя полезного сигнала используются гамма-кванты, обладающие высокой проникающей способностью, что позволяет обнаруживать ВВ в грунте на значительной глубине.

Таким образом, гамма-активационный метод благодаря малому времени распада образующихся изотопов  $^{12}\text{B}$  и  $^{12}\text{N}$  имеет уникальную возможность с высокой надежностью (~100%) за малый промежуток времени (~20 мс) в режиме сканирующего поиска определять наличие скрытого ВВ. Точка облучения объекта, из которой был получен сигнал отклика, указывает на координаты ВВ.

### УСКОРИТЕЛЬНО-ДЕТЕКТИРУЮЩИЙ КОМПЛЕКС ОБНАРУЖЕНИЯ ВВ

Практическая реализация гамма-активационного метода обнаружения ВВ связана с созданием ускорительно-детектирующего комплекса, параметры которого удовлетворяют требованиям к надежности обнаружения и идентификации ВВ и обеспечивают возможность его применения в составе мобильного комплекса. Ускорительно-детектирующий комплекс (рис.1) состоит из следующих основных узлов: компактного импульсного электронного ускорителя; системы сканирования, конвертора гамма-квантов и системы контроля положения пучка; быстродействующего детектора вторичного излучения.

**Электронный ускоритель.** Основные параметры ускорителя – энергия и импульсный ток ускоренных электронов – определяются физическими характеристиками возбуждаемых процессов. Поскольку энергия гамма-квантов должна превышать пороговые значения энергии  $E_\gamma$  для возбуждаемых фотоядерных реакций, энергия ускоренных электронов будет в диапазоне 50–70 МэВ. Значение импульсного тока ускоренных электронов составляет 40–50 мА в импульсе длительностью 5–6 мкс, что позволяет получить интенсивность пучка гамма-квантов (порядка  $10^{12}$  гамма-квантов/импульс), достаточную для образования требуемого для надежной регистрации количества изотопов  $^{12}\text{B}$  и  $^{12}\text{N}$  от воздействия одного импульса гамма-излучения.

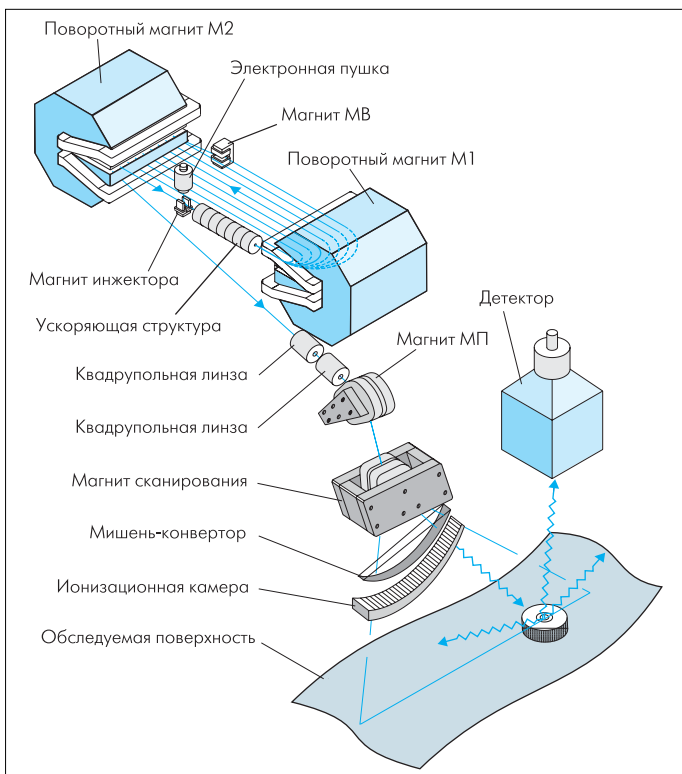


Рис.1. Структурная схема ускорительно-детектирующего комплекса

Выбор типа ускорителя, используемого в качестве источника гамма-излучения, имеет принципиальное значение для практического использования метода в мобильных установках. При уникальных физических параметрах ускоритель должен быть надежен и обладать массогабаритными характеристиками и энергопотреблением, позволяющими разместить его на подвижном носителе. Наиболее приемлемым типом ускорителя для этих целей является специализированный электронный ускоритель – разрезной микротрон. Принцип его работы, основанный на прогрессивной схеме ускорения частиц, впервые в стране реализованной в ФИАНе [9], состоит в следующем (см. рис.1). Пучок от электронной пушки с анодным напряжением 50 кВ с помощью магнита инжектора отклоняется на ось ускоряющей структуры, которая представляет собой цепочку связанных объемных резонаторов. В ней внешним источником СВЧ-мощности формируются электромагнитные колебания с фазовой скоростью, равной скорости света. Двигаясь вдоль структуры, электроны взаимодействуют с продольной электрической компонентой электромагнитного поля и, пройдя структуру, приобретают энергию порядка 5 МэВ. После этого электронный пучок входит в магнит M1, отклоняется в обратном направлении на  $180^\circ$ , проходит дрейфовый промежуток и вторым поворотным магнитом M2 повторно вводится на ось ускоряющей структуры и приобретает дополнительную энергию порядка 5 МэВ. Число повторных прохождений через ускоряющую структуру определяет энергию ускоренных электронов. При достижении необходимого значения энергии электроны с помощью магнита MB выводятся из зоны ускорения и направляются в магнит сканирования. Фокусировка пучка и коррекция его положения на орбитах осуществляется магнитными элементами.

Разрезной микротрон имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционным линейным ускорителем, важнейшие из которых:

- многократное прохождение пучка через ускоряющую структуру обеспечивает повышение электронного КПД ускорителя, что позволяет при заданной СВЧ-мощности питания увеличить ток ускоренного пучка и за счет этого повысить интенсивность тормозного излучения установки;
- уменьшенные продольный габаритный размер ускорителя и масса;
- более высокие электронно-оптические характеристики ускоренного пучка.

В разрезном микротроне сконцентрированы новейшие достижения в области высоких технологий, в том числе СВЧ- и ускорительной техники. Его основные характеристики:

Энергия электронного пучка	50–70 МэВ
Ток пучка в импульсе	до 50 мА
Длительность токового импульса	~ 6 мкс
Частота следования импульсов	50 Гц
Габариты	1800 × 700 × 800 мм
Масса	~ 1500 кг
Потребляемая мощность	до 20 кВт

**Система сканирования, контроля положения пучка и конвертор гамма-квантов** объединяют в едином конструктивном узле устройства формирования гамма-пучка (см. рис.1). Система имеет локальную радиационную защиту.

Тракт транспортировки пучка формирует двумя квадрупольными линзами пятно облучения на поверхности мишени-конвертора и с помощью магнита МП поворачивает электронный пучок в направлении обследуемой поверхности. Магнит сканирования обеспечивает динамическое изменение направления электронного пучка с целью пошагового облучения обследуемой зоны. Его магнитное поле задает направление пучка электронов на мишень-конвертор, где он конвертируется в пучок тормозных гамма-квантов, направленных вдоль оси от-

клоненного электронного пучка. Контроль положения сканирующего гамма-пучка осуществляется по данным многопроволочной двухкоординатной ионизационной камеры.

Система сканирования обеспечивает последовательное (построчное) перемещение пучка по обследуемой зоне с минимальным шагом 5 см при скорости смещения 1 шаг на импульс ускорителя (с частотой 50 Гц). Точность фиксации положения пучка на объекте  $\pm 1$  см при диаметре зоны облучения на поверхности грунта 5 см.

**Детектор вторичного излучения** предназначен для регистрации продуктов распада изотопов  $^{12}\text{B}$  и  $^{12}\text{N}$  и размещается над зоной облучения. Если ВВ находится на поверхности земли или на небольшой глубине, то детектор в основном фиксирует электроны и позитроны. При нахождении же ВВ на большой глубине детектор регистрирует гамма-кванты, рождающиеся при движении в грунте распадающихся электронов и позитронов. Детектор состоит из набора сцинтилляторов – специальных оптических материалов, испускающих короткую световую вспышку при прохождении через них элементарной частицы. Фотоэлектронными умножителями вспышка преобразуется в короткий электрический сигнал. Логика работы детектора позволяет одновременно регистрировать и разделять сигналы от заряженных частиц и гамма-квантов и измерять времена распада образованных изотопов.

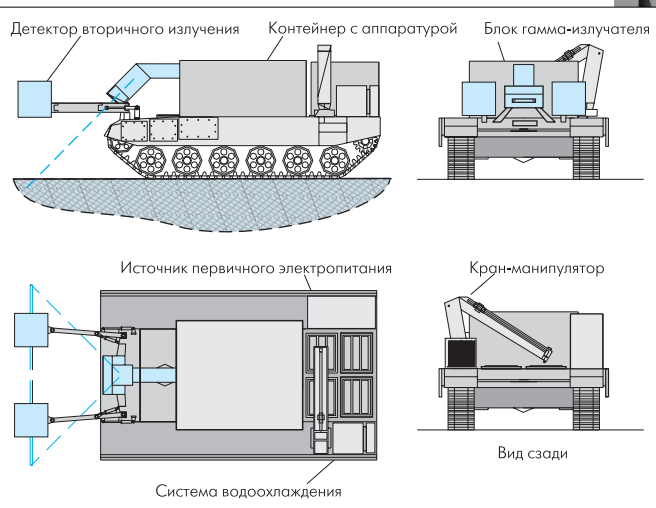
### РОБОТИЗИРОВАННЫЙ МОБИЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ГУМАНИТАРНОГО РАЗМИНИРОВАНИЯ

Гамма-активационный метод и параметры специализированного ускорительно-детектирующего комплекса обеспечивают обнаружение ВВ массой от 40 г на глубине до 25 см и массой от 500 г на глубине до 45 см в любых типах грунтов независимо от их влажности и минерализации. Вероятность обнаружения ВВ при однократном воздействии гамма-пучка выше 99,6 %. При этом через несколько минут после облучения полностью отсутствует остаточная радиоактивность местности. Кроме того, системы поиска мин на основе гамма-активационного метода обладают рядом дополнительных преимуществ:

- способность обнаружения ВВ в любой упаковке;
- высокая избирательность. Установка реагирует только на наличие веществ с повышенным содержанием углерода и азота, к другим химическим элементам не чувствительна. Это принципиальная основа высокой помехозащищенности;
- высокое быстродействие системы. Параметры ускорителя и методика идентификации позволяют получить и обработать информацию от контролируемого объема за время не более 20 мс, что дает возможность проводить сканирующее обследование с быстродействием 50 точек в секунду;
- возможность получать изображение контура объекта, содержащего ВВ, благодаря сканированию обследуемой поверхности;
- возможность поиска мин на местности, покрытой кустарниковой растительностью, поскольку расстояние между обследуемой поверхностью и детектором вторичного излучения может составлять 1,5–2 метра.

Прогресс, достигнутый на сегодняшний день в развитии гамма-активационного метода обнаружения ВВ, и уровень инженерной проработки позволили перейти к разработке на основе этого метода высокоэффективного мобильного комплекса для гуманитарного разминирования. Мобильный комплекс состоит из роботизированной машины поиска мин и передвижной кабины управления.

В варианте компоновки **роботизированной машины поиска** на самоходном гусеничном шасси (рис.2) контейнер, внутри которого поддерживается заданный температурно-влажностный режим, содержит ускоритель, источник СВЧ-мощности, систему высоковольтного



**Рис.2. Компоновка роботизированной машины поиска на самоходном гусеничном шасси**

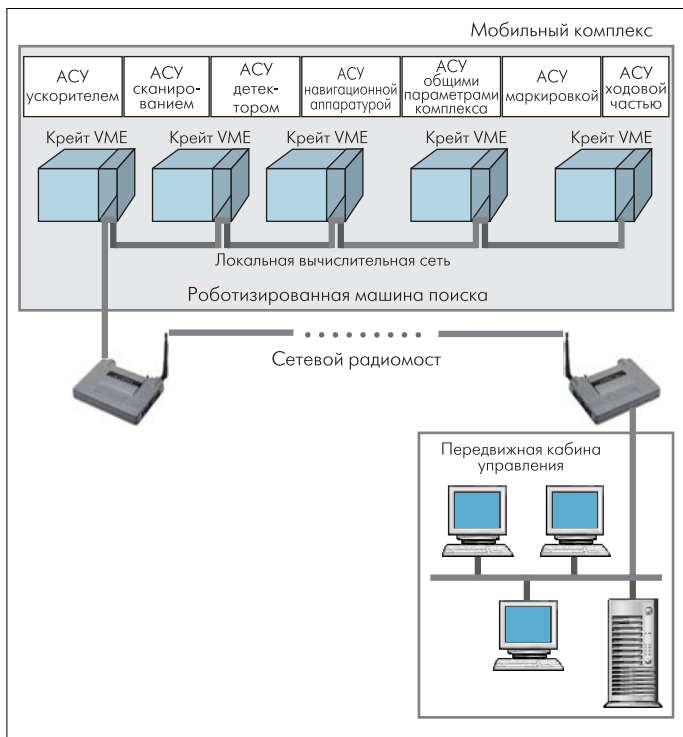
питания и аппаратуру управления. На передней части носителя укреплен узел системы сканирования, конвертор и монитор направления гамма-пучка, окруженный экраном биологической защиты. Здесь же размещается система маркировки разведанного прохода и участка местности с обнаруженной миной. Впереди носителя укреплены контейнеры со сцинтилляционными детекторами. В кормовой части шасси установлены автономный источник первичного электропитания, система водяного охлаждения ускорительно-детектирующего комплекса и технологический кран-манипулятор. В состав роботизированной машины входят также системы координатной привязки и визуализации рабочей области, телекоммуникационный информационно-управляющий канал, устройства радиоуправления и связи. При необходимости на машине могут быть установлены устройства для ликвидации мин на месте их обнаружения. В этом случае машина комплектуется подвижным экраном, защищающим оборудование от действия взрывной волны и осколков.

Самоходное гусеничное шасси – не единственно возможный носитель для системы обнаружения мин. То же оборудование может быть установлено на полуприцепе, буксируемом колесным трактором. По сравнению с гусеничным вариантом колесный имеет меньшую стоимость, больший ресурс ходовой части и проще транспортируется к месту проведения работ.

В **кабине дистанционного управления** находятся системы радиоуправления и связи, телевизионного обзора и наблюдения, устройства телекоммуникационного информационно-управляющего канала, программно-аппаратные средства информационной поддержки работы комплекса, система управления, индикаторные устройства отображения, рабочие места операторов, система первичного питания и другое дополнительное оборудование. Все управление и контроль за работой роботизированной машины осуществляется дистанционно по радио- и телекоммуникационным каналам из кабины управления, устанавливаемой на автомобильном шасси.

При поиске мин роботизированная машина движется с небольшой скоростью и сканирует перед собой на местности полосу шириной 4 м. Поиск может производиться либо автоматически по выбранному оператором алгоритму, либо в полуавтоматическом режиме с помощью системы телевизионного обзора обследуемой области грунта и органов ручного управления, расположенных на панелях рабочих мест операторов. При получении сигнала о наличии мины машина останавливается, координаты обнаруженного объекта фиксируются в базе данных комплекса и выдается соответствующее сообщение оператору.





**Рис.3. Структурная схема АСУ комплексом гуманитарного разминирования**

ру, который принимает решение о способе обезвреживания заряда. При этом точка обнаружения заряда маркируется на местности флажком и/или распылением красящего вещества. В зависимости от принятой технологии разминирования производится либо выемка объекта с ВВ специальным манипулятором с последующей его эвакуацией, либо ликвидация заряда на месте.

Управление ускорителем, системой сканирования и контроля положения гамма-пучка, сбора информации от детектора, навигационной системой, системой контроля радиационных, климатических и других параметров комплекса, системами маркировки обнаруженных зарядов и механизмами ходовой части организовано с помощью магистрально-модульной системы стандарта VME. Электронные устройства расположены в пяти VME-крейтах, объединенных локальной вычислительной сетью. Связь с сетью кабины управления осуществляется сетевыми радиомостами с дальностью до нескольких километров (рис.3). Максимальная нагрузка в сети при обнаружении ВВ ожидается до 1 Мбит/с.

Вся программно-аппаратная часть комплекса построена в соответствии с рекомендацией Госстандарта РФ "Профиль взаимосвязи открытых систем. Рекомендации. Р50.1.022-2000". Управление, контроль и выдача рекомендаций операторам осуществляются под контролем экспертной системы, разрабатываемой в оболочке системы GURU. Применение экспертной системы позволит также проводить динамичное "обучение" комплекса как в процессе испытаний, так и в условиях работы на минных полях.

Комплекс позволяет обрабатывать большую площадь заминированной территории при однократной топографической привязке кабины управления. Потенциальные границы зоны разминирования при спокойном рельефе местности ограничены, в основном, дальностью информационного канала, т.е. несколькими километрами. Процесс поиска объектов с ВВ характеризуется высоким уровнем безопасности и не требует специальных мер радиационной защиты кабины управления вследствие удаленности зоны разведки. Основные технические характеристики комплекса:

Тип обнаруживаемых объектов с взрывчатым веществом	любой
При вероятности обнаружения ВВ	99,6%
глубина обнаружения заряда ВВ	
с массой ≥ 40 г	25 см
с массой ≥ 125 г	35 см
с массой ≥ 500 г	45 см
Ширина зоны обследования местности	4 м
Техническая производительность	до 1400 м <sup>2</sup> /ч
Остаточная радиоактивность местности	отсутствует

Проведенные оценки технико-экономических параметров показывают, что комплекс способен за один рабочий день очистить от мин площадь до 1 га. Это означает, что предлагаемый метод проведения работ по гуманитарному разминированию в 250 – 600 раз эффективнее традиционного – ручного.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оттавская конвенция 1997 года "О запрещении применения, накопления запасов, производства и передачи противопехотных мин и об их уничтожении" определила каждую мину как потенциальную убийцу, подлежащую ликвидации. К сожалению, процесс безответственного применения миногого оружия продолжается, усугубляя кризис в решении проблемы гуманитарного разминирования. Но выход есть. Для этого мировому сообществу необходимо переключить технологические и финансовые ресурсы на создание и применение высокоэффективных роботизированных систем, используя их прежде всего для разминирования больших территорий хозяйственного значения. Хотя разработка роботизированных комплексов – дорогостоящее занятие (по некоторым данным она оценивается в 10–20 млн. долл.), однако производительность этих систем позволяет в течение 2–3 лет окупить все вложения.

Опыт разработки представленной системы показывает, что в технологическом плане Россия может внести определяющий вклад в решение глобальной проблемы гуманитарного разминирования. Несмотря на то, что рассмотренная система не имеет мировых аналогов, прототипы почти всех основных составляющих роботизированного комплекса уже разработаны и апробированы в других приложениях. Реализация этой разработки – вопрос времени и, соответственно, средств. Важно помнить, что мины живут значительно дольше людей.

Авторы выражают глубокую благодарность за внимание и поддержку в проведении работы депутатам 3-й Государственной Думы РФ А.Г.Арбатову, М.И.Васильеву и А.А.Кокошину.

Большую благодарность выражаем академику РАН О.Н.Крохину, профессору А.Н.Лебедеву и генерал-полковнику Н.И.Сердцеву за постоянное внимание, поддержку и содействие в работе.

Пользуемся случаем выразить также особую благодарность за полезные советы и помощь В.Е.Ярыничу и А.Н.Яковлеву.

### ЛИТЕРАТУРА

- Сердцев Н.И., Аверченко А.М., Пахомов В.П. и др. Гуманитарное разминирование: состояние, задачи и пути их решения. – Стратегическая стабильность, 2000, №2, с.33-40.
- International Standards for Humanitarian Mine Clearance Operations. – UN-1996, p.75.
- <http://diwww.epfl.ch/lami/detec/eudem/eudemfinal.pdf>
- <http://diwww.epfl.ch/lami/detec/>
- Патент US6026135 США (Приоритет от 15.02.2000).
- [www.rheinmetall-ls.de](http://www.rheinmetall-ls.de)
- Treading a fine line mine detection and clearance. – Janes International Defence Review, 1997, №11, p.30-37.
- Trower W.P. – Nucl.Instrum&Meth., B79, 1993, 589.
- Belovintsev K.A., Bukin A.I., Gaskevich E.B., Karev A.I. et al. The Radiation Complex for Fundamental Research. – Fourth European Particle Accelerator Conferens. EPAC 94. London, 27-30 June 94, p.861.