РОБОСТАЛКЕРЫ АТОМНОГО

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ДИСТАНЦИОННО УПРАВЛЯЕМЫЕ

СРАЗУ же после аварии вне и внутри 4-го блока ЧАЭС начали проводиться разведывательные и диагностические работы. Главнейшей задачей было получение информации о состоянии конструкций, на которые будет опираться возводимое "Укрытие" 4-го блока ЧАЭС, называемое иногда "саркофагом".

Для внешней разведки широко использовались вертолеты, которые пролетали над разрушенным реактором и зависали над его развалом. Это позволяло вести фото- и видеосъемки, замеры радиационных полей, отбирать пробы аэрозолей, доставлять в развал диагностические приборы и поглощающие материалы. Исследования с помощью авиасредств требовали хорошей подготовки, большой изобретательности и мужества летного состава.

Но не менее необходимыми оказались эти качества при проведении разведки внутри разрушенного блока. Несмотря на оптимистические заметки в прессе тех дней, можно определенно утверждать, что ни отечественные, ни опробованные зарубежные робототехнические средства оказались неспособными результативно вести разведку среди развалин в огромных радиационных полях. Практически все роботы, не сломавшиеся сразу же на старте, обладали одним существенным недостатком - они постоянно застревали в самых неподходящих местах или же вообще отказывались "повиноваться" в мощных радиационных полях.

По мере продвижения работ по ликвидации последствий аварии, все острее ощущалась необходимость в дистанционных средствах разведки и диагностики при работах внутри разрушенного блока. Исследователи были вынуждены самостоятельно создавать их в процессе работы из по дручных материалов. Естественно, они были достаточно просты и не всегда позволяли получить желаемый результат.

В конце 1986 г. в одном из подреакторных коридоров была обнаружена гигантская, в несколько кубометров, капля застывшей черной лавы, которая за свою форму получила название "слоновья нога". МЭД вблизи нее составляла в то время около 10000 Р/ч и даже минутное пребывание рядом с ней было бы губительным для человека. Исследователям были необходимы образцы для анализа, но получить их можно было только дистанционно.

Изготовили четырехколесную тележку, на которую установили телекамеру, прожектор и электродрель с твердосплавным сверлом. Тележка подъехала к "слоновьей ноге", но лишь поцарапала ее поверхность. Стекловидный материал оказался слишком твердым и не поддавался сверлению. Тогда было предложено использовать стрелковое оружие. Выстрелами из автомата Калашникова от "слоновьей ноги" были отколоты образцы и переданы на анализ. Это позволило впервые ознакомиться с лавой. В дальнейшем застывшие потоки лавы были обнаружены во многих помещениях под реактором.

Весной 1987 г. исследователей заинтересовало одно из подреакторных помещений, в котором, согласно тепловым измерениям, сосредоточились значительные массы ядерного топлива. Впервые для исследований внутри объекта "Укрытие" было использовано самоходное диагностическое устройство с комплексом измерительных приборов. Основу его составила детская игрушка - пластмассовый танк. Она устраивала исследователей своими размерами, грузоподъемностью и возможностью дезактивации. Перемещаясь в полях в несколько десятков рентген в час, устройство несло на себе источник освещения, передающую телевизионную камеру, дозиметры, термометр. Оператор, управляющий устройством, следил за его движением с помощью второй телекамеры, помещенной в рабочую зону на специальном кронштейне.

Однако большинство помещений, в которых застыла послеаварийная лава, остались недосягаемыми для этого устройства, а безопасное долговременное хранение около 180 т облученного ядерного топлива требовало полного знания всех путей его распространения и мест скопления.

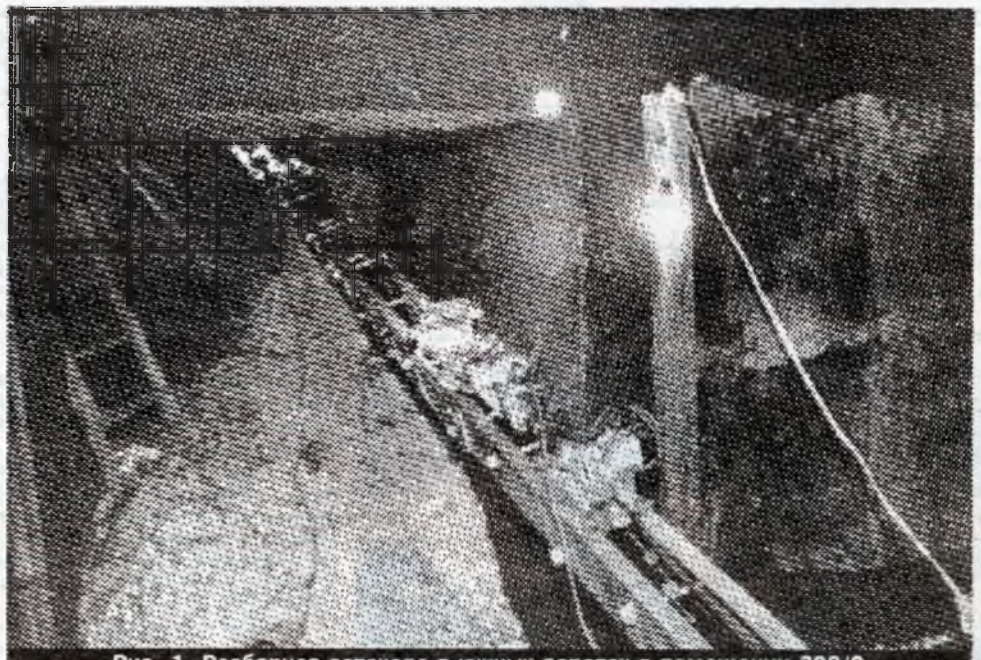

Рис. 1. Разборная эстакада в южных воротах в помещении 308/2.

С 1988 г. начался этап последовательного изучения состояния аварийного блока. Из различных, относительно безопасных помещений блока в направлении бывшей активной зоны реактора были пробурены многочисленные исследовательские скважины. Через них были выполнены фото- и видеосъемки, замеры радиационных полей, температуры и т.п. В результате выяснилось, что шахта реактора практически пустая.

Далее, в 1988 - 1989 гг., было освоено помещение 318/2, расположенное к юго-востоку от активной зоны реактора. Проложены специальные проходы в это помещение. Стены дезактивированы и обшиты слоем свинца. В дальнейшем в этом помещении в течение длительного времени работали операторы диагностических дистанционно управляемых самоходных агрегатов (ДУСА).

Помещение 318/2 стало плацдармом для исследования других подреакторных помещений. Из него через помещение 308/2, расположенное с восточной стороны от реактора, и проем северных откатных защитных ворот, сорванных взрывом, удалось проникнуть в северо-восточную часть подреакторного помещения 305/2 и провести видеосъемку.

Однако достоверная информация о многих других местах на 4-м блоке попрежнему отсутствовала.

Для решения этих задач в составе научно-исследовательского отдела КЭ была создана специальная лаборатория. Перед ней были поставлены следующие задачи:

1. Изготовление ДУСА с системой пылеподавления. Он должен доставлять распыляющую форсунку в различные помещения блока и осаждать радиоактивную пыль с помощью специальной клейкой жидкости.

2. Создание разведывательных ДУСА для получения проб "горячих" частиц из воздуха, ведения фото- и видеосъемок, отбора проб ТСМ, даже если они покрыты слоем послеварийного, "свежего", бетона.

3. Создание семейства ДУСА различного функционального назначения для выполнения подготовительно-демонтажных работ:

агрегат с электромеханическим резаком;

агрегат-погрузчик сыпучих материалов;

агрегат-дозиметрист с коллимированным детектором;

агрегат с универсальной подвижной платформой для сменного инструмента.

4. Разработка и создание ДУСА с нетрадиционными движителями:

агрегат-магнитоход, способный передвигаться по стенам и потолкам помещений, покрытых черной сталью, нести и устанавливать диагностическую аппаратуру;

агрегат с адсорбционным механизмом зацепления - вакуумные присоски, сходные по принципу действия со щупальцами осьминога.

ДУСА должны преодолевать разрушенные строительные конструкции и завалы, нести различную аппаратуру и механизмы, быть маневренными и компактными.

Разработку, наладку, испытания агрегатов в Чернобыле, а также их эксплуатацию в помещениях объекта "Укрытие" выполняли одни и те же сотрудники КЭ. Поэтому используемые кинематические схемы и элементная база узлов ДУСА основывалась в основном на материально-технических и технологических возможностях КЭ. Некоторые наиболее сложные узлы ДУСА были приобретены у сторонних организаций.

В это время исследователей заинтересовала обстановка в юго-восточной части подреакторного помещения 305/2. Анализ предыдущих исследований показал, что здесь был эпицентр аварии.

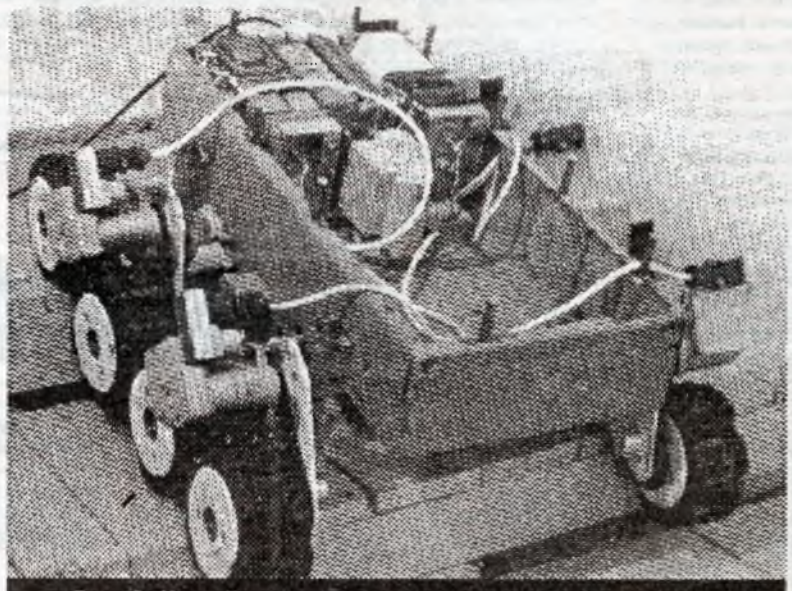

Рис. 2. Устройство движется по лестничному маршу.

Для получения достоверной информации была сконструирована легкая разборная эстакада. Из помещения 308/2 через завал, образовавшийся из обломков у проема сорванных взрывом южных защитных откатных ворот, она была вдвинута в помещение 305/2. По эстакаде передвигалась тележка, оснащенная видеокамерой, мощным источником света и различными датчиками (рис.1).

Рис. 3. Отбор пробы из стены подреакторного помещения.

Анализ полученных видеоматериалов позволил сделать определенные выводы и расчеты о протекании аварии и дать исходный материал для проектировщиков и строителей по укреплению конструкций, находящихся над шахтой реактора.

Одной из важнейших проблем в обеспечении радиационной безопасности персонала при работах внутри запыленных помещений "Укрытия" является уменьшение аэрозольной радиоактивности.

Для этих работ в 1989 г. был изготовлен ДУСА с системой пылеподавления. Специальная жидкость под давлением по шлангу подается в форсунку с дистанционным управлением и, распыляясь, связывает пыль на поверхностях.

В системе управления этим агрегатом отсутствует какая-либо автоматика и на борт по кабелю длиной около 50 м с пульта передаются напряжения, необходимые для питания электродвигателей. Это позволило, несмотря на отдельные эксплуатационные недостатки, создать максимально простой и надежный ДУСА, сэкономивший, по оценкам специалистов, более 600 чел/бэр коллективной дозы.

Базой для создания последующих ДУСА послужили несколько разработанных разновидностей самоходных шасси, способных передвигаться в условиях 4-го блока.

Благодаря специальному профилю колес и оригинальной подвеске ходовых узлов, шасси обладают повышенной проходимостью и маневренностью, могут преодолевать крутые уклоны и препятствия типа "уступ", разворачиваться на месте и даже передвигаться по лестничным маршам (рис.2).

Перечислим основные технические характеристики этих шасси:

масса - от 30 до 50 кг;

грузоподъемность - от 50 до 100 кг;

скорость - от 0.6 до 2.5 м/мин;

длина кабеля управления - 50 м.

Следующая задача заключалась в получении достоверной информации о состоянии топлива в помещениях объекта "Укрытие". Решить ее невозможно без исследования проб, а пробоотбор осложнен тем, что многие ТСМ залиты слоем послеаварийного бетона и перед взятием образца, содержащего ядерное топливо, иногда приходится бурить слой бетона.

В 1990 г. в помещении 308/2 объекта "Укрытие" были проведены испытания системы пробоотбора, размещенной на самоходном шасси. В этом агрегате, для уменьшения электрических потерь в кабеле управления, преобразователь питающего напряжения размещен на ходовой платформе. Команды передаются по кабелю в двоичном потенциальном коде. Для повышения радиационной стойкости автоматики в качестве элементной базы на борту максимально использованы электромагнитные реле и контакторы.

Смонтированная на шасси малогабаритная буровая установка позволяет отбирать пробы из стен и пола в виде кернов диаметров от 8 до 60 мм при глубине от 200 до 20 мм и с поверхности произвольного наклона - от горизонтальной до вертикальной. Установленная на шасси черно-белая телекамера позволяет оператору контролировать как движение ДУСА по маршруту, так и процесс бурения (рис.3).

В конце 1990 г. на полигоне научно-исследовательского отдела КЭ в Чернобыле опробована более мощная буровая установка с глубиной отбора проб до 600 мм. Бурение ведется "всухую", поскольку использование промывочной жидкости приведет к вымыванию фрагментов топлива из образцов. Механизм буровой головки придает буровому инструменту как вращение, так и ударное воздействие. Постоянное давление инструмента на забой в процессе бурения поддерживается автоматически.

В процессе бурения отбираемый керн помещается в специальный чехол из аримидной ткани и по окончании бурения дистанционно извлекается вместе с чехлом из бурового инструмента.

С целью повышения радиационной стойкости в схемах бортовой автоматики этого ДУСА также максимально использованы электромагнитные реле, а в схемах пульта управления - микросхемы. На пульт управления помимо видеоизображения с агрегата поступают сигналы о работе устройства подачи буровой головки и о ее температуре.

Для обеспечения возможности проезда ДУСА под различными препятствиями обо-

АГРЕГАТЫ НА 4-М БЛОКЕ ЧАЭС

оборудование в транспортном положении находится в сложенном, компактном виде, а при подходе к рабочей зоне разворачивается в штатное (рис.7).

Специальный кабель, соединяющий пульт управления с агрегатом, содержит несколько жил для энергообеспечения, командные жилы, два коаксиальных кабеля для передачи видеосигналов и сигналов от детектора излучения. Для возможности спасения агрегата в случае заклинивания бурового инструмента на нем смонтирован пирорезак. Для возможности буксировки при нештатных ситуациях внутри управляющего кабеля размещен кевларовый трос.

Летом 1991 г. в помещении 318/2 было закончено оборудование временной пультовой операторов буровых ДУСА и началась их эксплуатация на блоке.

После нескольких пробных бурений в помещении 308/2 установка была направлена в помещение 301/5 с юга от реактора, куда после аварии вытек один из основных потоков лавы и значительная часть которого залита послеаварийным бетоном. МЭД в этом помещении составляет несколько десятков рентген в час.

При контроле за движением и работой бурового агрегата как с помощью собственной бортовой телекамеры, так и телекамеры, установленной на другом агрегате, было пробурено несколько вертикальных скважин в различных местах этого помещения и отобраны керны. При этом бур проходил послеаварийный бетон, весь пласт лавы и углублялся в доаварийный бетон помещения (рис.4).

В результате впервые за время исследований на объекте "Укрытие" удалось провести отбор "горячих" кернов из вертикальных скважин.

Анализ процесса бурения и полученных кернов показал, что между послеаварийным бетоном и лавой имеется полость высотой в несколько сантиметров, а доаварийный бетон пола помещения значительно деструктирован.

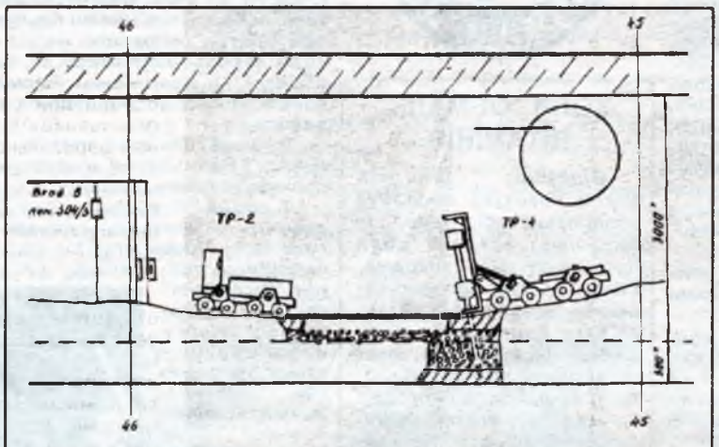

Рис. 4. Расположение ДУСА ТР-2 и ТР-4 в помещении 301/5 при отборе образцов ТСМ.

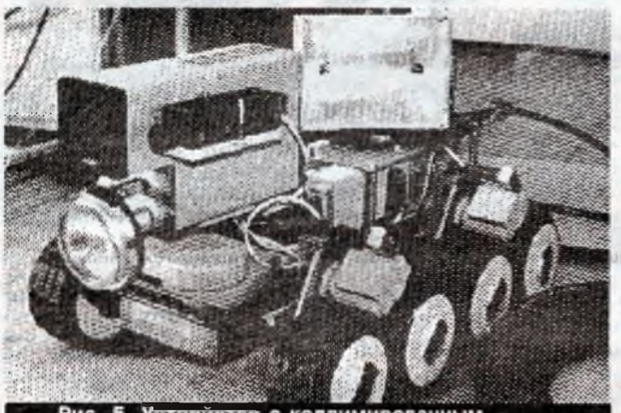
Рис. 5. Устройство с коллимированным детектором.

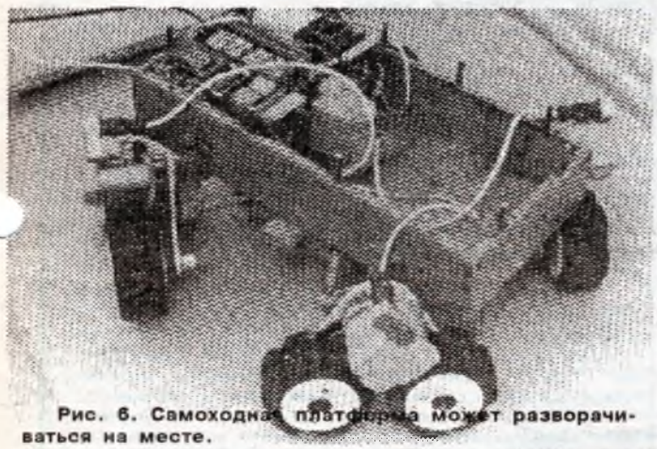
Рис. 6. Самоходная платформа может разворачиваться на месте.

В последнее время обострилась проблема наличия воды в нижних помещениях блока. Поступая внутрь блока через многочисленные неплотности "Укрытия", вода вымывает из ТСМ радиоактивные продукты, в том числе и растворимые соли урана. Концентрация урана в воде достигает в отдельных помещениях десятков миллиграммов на литр. В этих условиях становится актуальным вопрос об удалении ТСМ из помещений нижнего этажа блока.

Для обеспечения этих работ изготовлен ДУСА с коллимированным детектором, позволяющий измерять мощность дозы гамма-излучения в нижней полусфере пространства. Дистанционно опуская детектор в точках измерения, можно оценить наличие топлива под слоем послеаварийного бетона и составить картограмму для последующего его удаления. Агрегат оснащен цветной телекамерой и мощным источником света, позволяющим вести видеосъемку в неосвещенных помещениях и осуществлять визуальную привязку точек измерения к элементам строительных конструкций (рис.5).

Помимо выполнения разведывательных работ, предполагается решать с помощью ДУСА более широкий спектр задач. На базе разработанных шасси изготавливаются агрегаты различного назначения.

В настоящее время проводятся полигонные испытания ДУСА с абразивным резаком для отбора образцов конструкционных материалов и расчистки проходов для других агрегатов. Ось вращения абразивного диска имеет несколько степеней свободы, что позволяет резать материалы, находящиеся практически в любых положениях в зоне досягаемости рабочего органа. Клещевой зажим, установленный на исполнительном органе, позволяет удерживать во время резки предметы диаметром до 50 мм.

Одна из первых задач, стоящих перед этим агрегатом, - расчистка прохода из помещения 301/5 в помещение 304/3, в котором находится значительное количество реакторного топлива.

Завершается изготовление многофункционального агрегата с подвижной рабочей платформой (рис.13) и сменными навесными приспособлениями. Среди них -клещевой захват, абразивный резак, грузоподъемные вилы, ковш для сбора различных материалов.

Рис. 7. Диагностический комплекс с магнитными движителями.

Для сбора и контейнеризации высокоактивных сыпучих материалов изготавливается ДУСА с грейферным ковшом и сменными контейнерами.

Выполнение в помещениях блока работ по разборке и контейнеризации топливных масс может быть опасным ввиду возможного повышения аэрозольной активности. Для предотвращения этого изготавливается агрегат с малогабаритной установкой для очистки поверхностей и воздуха от пыли с помощью фильтрации через регенерируемые металлокерамические фильтры и сбора пыли в специальные контейнеры. Установленный на шасси манипулятор позволяет подводить всасывающее сопло непосредственно в рабочую зону инструмента.

Как показал предыдущий опыт работы агрегатов внутри блока, эффективное их использование затруднительно без дополнительного видеоконтроля со стороны. С этой целью создается высокоманевренный агрегат видеоконтроля для координации совместных действий нескольких ДУСА. Его ходовая платформа способна разворачиваться на месте (рис.6), а манипулятор телекамеры позволяет осматривать практически всю пространственную сферу.

Основу технического зрения ДУСА составляют телекамеры на базе вакуумных приборов - видиконов. Камеры собраны из узлов серийных промышленных телевизионных установок (ПТУ). Использование в условиях сильных радиационных полей телекамер на основе приборов с зарядовой связью, несмотря на меньшие габариты, нецелесообразно, поскольку в полях с МЭД более 10 Р/ч на изображении появляются помехи в виде "снега".

Отсутствие возможности проникновения в некоторые помещения с послеаварийным топливом заставило исследователей искать пути дистанционного определения его количества. Был использован метод измерения тепловыделения облученного топлива с помощью датчиков теплового потока, укрепляемых на потолке нижележащего помещения.

Для снижения дозовых нагрузок исследователей при установке датчиков было опробовано устройство с магнитным сцеплением с поверхностью - магнитоход, способное передвигаться по стенам и потолкам помещений, покрытых черной сталью.

Ходовые узлы этого агрегата содержат модные самарий-кобальтовые магниты, позволяющие ему нести значительный вес. Сдвоенные колесные блоки позволяют сохранять надежное зацепление при преодолении препятствий в виде сварочных швов и фрагментов неметаллических покрытий. В агрегате предусмотрена возможность буксировки прицепа с различными датчиками и отцепления его в заданном месте. Бортовые телекамера и источники света позволяют проводить работы в темных помещениях за пределами прямой видимости (рис. 7).

В настоящее время наименее исследованным является центральный зал 4-го блока. Значительные радиационные поля и сложный рельеф, образовавшийся в нем из обрушенных строительных конструкций и материалов, сброшенных с вертолетов в процессе ликвидации аварии, затрудняют использование традиционных методов и требуют иного подхода при изучении вопроса о расположении и количестве топлива в центральном зале.

Для доставки аппаратуры и механизмов в заданные точки пространства центрального зала предложено использовать подвесную тросовую систему. Использование в ее приводах шаговых электродвигателей позволяет управлять системой с помощью ЭВМ. В настоящее время создан макетный образец системы и ведется отработка алгоритма управления.

Некоторые из трудностей при ликвидации последствий аварии на 4-м блоке ЧАЭС, описанные в этой работе, показывают, что без соответствующего оснащения дистанционно управляемой техникой решение многих вопросов затруднено, а некоторых - невозможно. Полученный опыт в создании этой техники, ее эксплуатации на 4-м блоке и использовании получаемых результатов для дальнейшего совершенствования будет полезен специалистам, работающим в экстремальных ситуациях.

По материалам специалистов объекта "Укрытие".