

## Модульная интегрированная видеосистема (MIVS): новое поколение приборов наблюдения

*На ядерных установках мира, поставленных под гарантии, будут смонтированы видеосистемы*

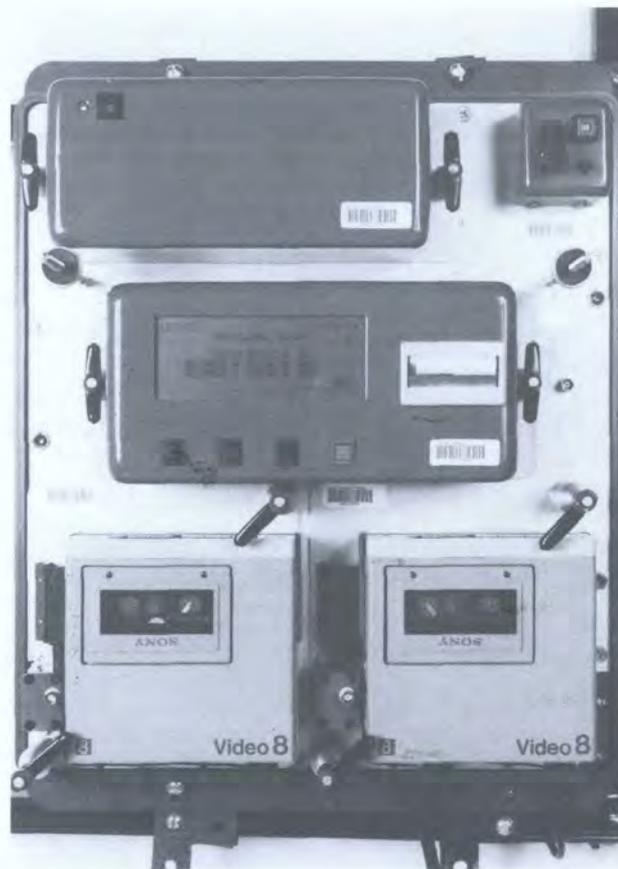
К. -Дж. Гертнер и Е.У. Доус

**В** течение многих лет „рабочей лошадью” системы гарантий МАГАТЭ была 8-мм кинокамера, использовавшаяся в целях наблюдения на многих ядерных установках мира, поставленных под гарантии.\* Однако в последнее время Агентство начало отдавать предпочтение усовершенствованным видеосистемам, которые сейчас завоевали рынок. Производство 8-мм пленки и кинокамер прекращено фактически во всех странах мира. Переход Агентства на современные видеосистемы и замена устаревших 8-мм кинокамер примерно на 290 ядерных установках оказались трудной задачей и потребовали значительных усилий в области технологии, гарантии качества, эффективности затрат и графиков внедрения.

В данной статье дается описание трех альтернативных систем для замены 8-мм кинокамер, которые разрабатываются в Японии, Федеративной Республике Германии и Соединенных Штатах в рамках программ технической поддержки гарантий МАГАТЭ. В ней анализируются успехи, достигнутые в различных областях, и описываются характеристики и преимущества одной из систем – модульной интегрированной видеосистемы MIVS, – внедрение которой в качестве основного инструмента гарантий должно осуществляться в 90-х годах.

### Разработка альтернативных видеосистем

Наличие альтернативных видеосистем, создаваемых в рамках программ технической поддержки гарантий, становится фактором, значение которого непрерывно возрастает. В настоящее время системы, разрабатываемые в этих странах, нахо-



Характерной особенностью MIVS, изображенной без защитного корпуса, являются модули, облегчающие ее техническое обслуживание: сверху вниз расположены модуль управления, дисплейный модуль и два модуля видеозаписывающих устройств.

Г-н Гертнер – сотрудник Департамента гарантий МАГАТЭ. Г-н Доус – эксперт из Соединенных Штатов, работающий в этом Департаменте.

\*Данная система изготовлена фирмой Минольта.

дятся на различных стадиях готовности, что отражает различия в концептуальных подходах и времени начала осуществления программ научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ:

- MIVS – это разработка Соединенных Штатов, к которой они приступили в середине 80-х годов после заключения соглашения между МАГАТЭ и США; Национальная лаборатория Сандия (НЛС), Альбукерке, штат Нью-Мексико, была основным конструктором-подрядчиком. В MIVS используется технология 8-мм видеозаписывающего устройства и новейшая система видеоаутентификации сигнала. Недавно после проведения интенсивных испытаний и усовершенствований МАГАТЭ разместило заказ на изготовление 50 промышленных систем. Эти видеосистемы уже почти готовы к монтажу на ядерных установках мира.

- Название японской системы COSMOS расшифровывается как компактная система наблюдения и мониторинга. Ожидается, что промышленные образцы этой системы будут готовы в 1991 г. после завершения проводимой сейчас оценки этой разработки.

- Федеративная Республика Германия уже почти завершила создание системы, названной телевизионным каналом, защищенным от постороннего вмешательства (TRTL). Данная система представляет собой многокамерную систему с видеоаутентификацией сигнала в каждом из видеоканалов и единой консолью.

В настоящее время Агентство по-прежнему рассматривает все три разработки, однако предпочтение отдает внедрению MIVS, что обусловлено ее характеристиками, надежностью и наличием готовых промышленных образцов. Поэтому оставшаяся часть статьи будет посвящена анализу MIVS.

### Задачи и требования

За 18 лет практического применения 8-мм кинокамер для наблюдения в целях гарантий эта система превратилась в высоконадежную, экономичную и удобную для пользователя систему.\* Для этого потребовались многие годы напряженных технических усилий и непрерывное усовершенствование материально-технического обеспечения этой системы.

С 1976 г. МАГАТЭ также использует компактные замкнутые телевизионные системы (КЗТС).\*\* Такие системы имеют некоторые преимущества перед 8-мм кинокамерами, включая более высокую емкость и качество лампаи изображения, более высокую светочувствительность, указания даты и времени съемки, а также более низкую чувствительность к радиации.\*\*\* Более того, КЗТС позволяет проводить оперативный анализ записанной инфор-

\* „Разработка и практическое применение кинокамер наблюдения МАГАТЭ”, Д.Э. Рундквист и Р.Э. Керр, *ESARDA Proceedings* (1980 г.).

\*\* „Тенденции развития компактных телевизионных систем наблюдения”, К.-Дж. Гертнер, Б. Хейсман и П. Водразка, *INMM Proceedings* (1985 г.).

\*\*\* „Переход на КЗТС наблюдения в целях гарантий”, К.-Дж. Гертнер, Б. Хейсман, Р.Э. Керр и Д.Э. Рундквист, *INMM Proceedings* (1987 г.).

мации на месте без обременительного процесса проявления пленки.

В конце 90-х годов MIVS станет одним из основных инструментов наблюдения в области гарантий. Признавая важную роль этого нового оборудования, сотрудники МАГАТЭ и НЛС объединили свои усилия в целях обеспечения успеха на всех этапах реализации проекта MIVS. Эта работа охватила разработку конструкции, проверочные испытания, выбор фирмы изготовителя и использование передовой практики материально-технического обеспечения и замены блоков в полевых условиях, чтобы гарантировать высокий уровень надежности. (См. таблицу, в которой кратко изложены основные этапы деятельности.)

### Гарантия успеха

Учитывая важность деятельности по замене кинокамер, в июле 1988 г. была создана специальная временная рабочая группа по выработке рекомендаций относительно координации деятельности, связанной с процессом замены, которая началась в 1989 г. и должна завершиться в 1994 г. Персонал группы обладает опытом в области системных разработок операций по применению международных гарантий, гарантий качества и закупок. Естественно, что такая работа потребовала объединения усилий многих организаций.

Группа несет прямую ответственность за все действия, связанные с разработкой и составлением рекомендаций, охватывающих задачи проекта, потребности в ресурсах, графики этапов реализации проекта и распределение обязанностей. В январе 1989 г. была утверждена программа. Вся деятельность по ее реализации в настоящее время осуществляется с помощью обычного линейного руководства. Председатель группы продолжает осуществлять контроль и по мере необходимости представляет промежуточные отчеты о достигнутом прогрессе и конкретных проблемах.

Сложность проекта обусловила использование усовершенствованного пакета программ для персонального компьютера для разработки чувствительного и структурно продуманного плана его реализации, который в настоящее время охватывает свыше 200 задач.\* В программном обеспечении используются отработанные и успешно применяемые методы управления проектами. С его помощью можно эффективно и надежно определять зависимости задач, т.е. взаимосвязи (отношения) приоритетов задач, благодаря чему структура проекта чувствительно реагирует на любые критические задержки в реализации программы.

### План реализации программы MIVS

В 1986 г. МАГАТЭ утвердило предложенный НЛС план реализации этой программы, в котором были изложены 10 конкретных этапов разработки MIVS вплоть до успешного применения в полевых усло-

\* Программа замены систем наблюдения в целях гарантий”, К.-Дж. Гертнер, *INMM Proceedings* (1989 г.).

История реализации программы MIVS, 1985–1990 гг.: краткое изложение основной деятельности

**Октябрь 1985 г.:** МАГАТЭ делает запрос о выполнении задачи создания MIVS в рамках программы технической поддержки гарантий США.

**Февраль 1986 г.:** Национальная лаборатория Сандия (НЛС) представляет предложение, охватывающее конструкцию и рабочие характеристики.

**Июнь 1986 г.:** на совещании в НЛС были окончательно определены спецификации.

**Июль 1986 г.:** заместитель Генерального директора МАГАТЭ по гарантиям официально утверждает спецификации.

**Декабрь 1986 г.:** предложенный НЛС план сертификационных испытаний принимается МАГАТЭ.

**Февраль 1987 г.:** демонстрация полупромышленного образца MIVS в МАГАТЭ.

**Июль 1987 г.:** НЛС подписывает с подрядчиком контракт на изготовление 16 систем. Эти системы намечаются к использованию при проведении испытаний в полевых условиях и демонстрации надежности. Начало планирования независимым консультантом переходной системы MIVS с низкой степенью риска.

**Август 1987 г.:** НЛС проводит широкомасштабные испытания ВЗУ (видеозаписывающие устройства).

**Март 1988 г.:** 16 образцов MIVS успешно прошли 168-часовые испытания.

**Апрель 1988 г.:** в МАГАТЭ начинаются 5-месячные испытания 10 MIVS на надежность.

**Июль 1988 г.:** МАГАТЭ созывает рабочую группу по вопросу замены существующих кинокамер на новую видеосистему.

**Август 1988 г.:** начинается компьютеризованное планирование проекта MIVS.

**Сентябрь 1988 г.:** успешно завершены 5-месячные испытания MIVS на надежность. МАГАТЭ и НЛС делают совместное заявление о надежности.

**Ноябрь 1988 г.:** начинается подготовка инспекторов МАГАТЭ к работе с MIVS.

**Декабрь 1988 г.:** НЛС/МАГАТЭ начинают подготов-

ку требований к торгам на производство MIVS. НЛС вносит усовершенствования в конструкцию и завершает испытания двух MIVS на воздействие окружающей среды. После монтажа первой MIVS на ядерной установке начинаются сдаточные испытания в полевых условиях.

**Февраль 1989 г.:** продолжаются полевые сдаточные испытания и подготовка инспекторов.

**Апрель 1989 г.:** издаются требования к торгам на производство MIVS. Документ включает в себя специальные требования к качеству.

**Июнь 1989 г.:** определены и утверждены функции поддержки НЛС в рамках программы технической поддержки гарантий США.

**Июль 1989 г.:** МАГАТЭ начинает оценку перспективных поставщиков. Выдается контракт на производство MIVS.

**Август 1989 г.:** в конструкцию MIVS вносятся новые изменения, направленные на улучшение технологичности системы.

**Сентябрь 1989 г.:** подрядчик получил первоначальный „полупромышленный образец системы. Анализируются первые планы производства и гарантии качества.

**Ноябрь 1989 г.:** продолжается планирование, включая материально-техническое обеспечение запасными частями, прогноз надежности в полевых условиях, приемочные испытания МАГАТЭ и методы монтажа в полевых условиях.

**Декабрь 1989 г.:** МАГАТЭ анализирует первую промышленную систему на фирме-подрядчике, которая затем отправляется в МАГАТЭ.

**Январь 1990 г.:** подготавливаются второй и третий промышленные образцы системы для проведения испытаний на воздействие окружающей среды.

**Февраль 1990 г.:** первый промышленный образец смонтирован на ядерной установке.

**Март 1990 г.:** анализируется окончательный вариант планов подрядчика по производству и контролю качества.

MIVS создавалась группой сотрудников компании „Аквила технолоджиз груп“, США, по контракту с МАГАТЭ.



виях. Конкретные этапы основываются на первоначально определенной консультативной группой в 1982 г. общей деятельности, необходимой для успешной разработки и внедрения оборудования гарантий. Что касается MIVS, то указанные 10 этапов включают в широкий плане следующие цели: идентификация потребностей; оценка требований, предъявляемых государством/оператором установки; определение и утверждение технических требований к системе; определение и утверждение рабочих характеристик и надежности системы; программа сертификационных испытаний; разработка, испытание и демонстрация полупромышленного образца; выбор коммерческого поставщика 16 систем для проведения полевых испытаний; сертификационные испытания и проверка рабочих характеристик, включая оценку в полевых условиях; заказ на промышленное производство; внедрение.\*

В настоящее время успешно завершены все этапы создания MIVS, и первый промышленный образец смонтирован на ядерной установке.

### Переходная система MIVS с низкой вероятностью риска (LRTS)

Как говорилось выше, учитывая важность и высокую стоимость программы MIVS, Агентство хотело быть уверенным в низком риске, связанном с реализацией каждого переходного этапа программы MIVS (переходными этапами можно считать 10 вышеперечисленных этапов).

В апреле 1987 г. в рамках программы технической поддержки гарантий США был заключен контракт с консультантом, который должен был разработать с персоналом МАГАТЭ проект плана создания LRTS.\*\* Такое планирование потребовало проведения глубокой оценки риска, связанного с реализацией каждого переходного этапа. Это, в свою очередь, обусловило использование лучших существующих методов (или, в случае отсутствия таковых, разработку новых методик и их применение) для максимального снижения риска.

Применение этого инструмента планирования позволило выявить 73 потенциальных риска, связанных с проектом MIVS, многие из которых уже удалось устранить благодаря использованию наиболее совершенных методик, поэтому их можно не принимать во внимание. Все остальное потребовало разработки для MIVS новых и более совершенных процедур. Данная задача успешно решена, поэтому, за исключением некоторого объема работ, необходимых для завершения обоснования и проверки LRTS, данный этап реализации проекта MIVS можно считать завершенным.

\* План реализации программы создания модульной интегрированной видеосистемы", К-Дж. Гертнер, Б. Хейсман, Р. Хольт и К.С. Сонниер, *INMM Proceedings* (1986 г.) и „Программа модульной интегрированной видеосистемы (MIVS) в перспективе“, С.Л. Шнейдер, К.С. Сонниер и К-Дж. Гертнер, *INMM Proceedings* (1988 г.).

\*\* „Разработка плана, гарантирующего низкую степень риска на переходных этапах конструирования, испытания и производства MIVS вплоть до ее внедрения МАГАТЭ“, Э. Карлин, отчет POTAS, задача D-60 (май 1989 г.).

Использование LRTS в качестве аналитического инструмента оказалось очень ценным, особенно на стадиях производства и внедрения. В силу этого Агентство планирует избирательное применение методологии LRTS в отношении разработки и внедрения будущих приборов.

### Подрядчик-изготовитель

Прежде чем выдать контракт на производство MIVS, Департамент гарантий и администрация МАГАТЭ с помощью персонала НЛС, занимающегося вопросами конструирования и гарантии качества, составили проект требований к заявкам на участие в торгах. В него вошли подробные требования, предъявляемые к инженерным службам и обеспечению высокого уровня качества при производстве MIVS. После этого предложения на участие в торгах были направлены нескольким американским и европейским компаниям.

Важным событием стало размещение Агентством 27 июля 1989 г. заказа на производство MIVS в компании „Аквила технологиз групп“, Альбукерке, штат Нью-Мексико. Выбор этой компании основывался на трех факторах: основные усилия она направила на разработку технологии усовершенствованных видеосистем с использованием видеодисков и видеопленки; она безоговорочно приняла все требования МАГАТЭ к контролю за производством, проектированием и качеством, которые были подробно изложены в приглашении Агентства прислать предложения и вспомогательные документы по гарантии качества; цена, предложенная компанией во время торгов, была в высшей степени конкурентоспособной.

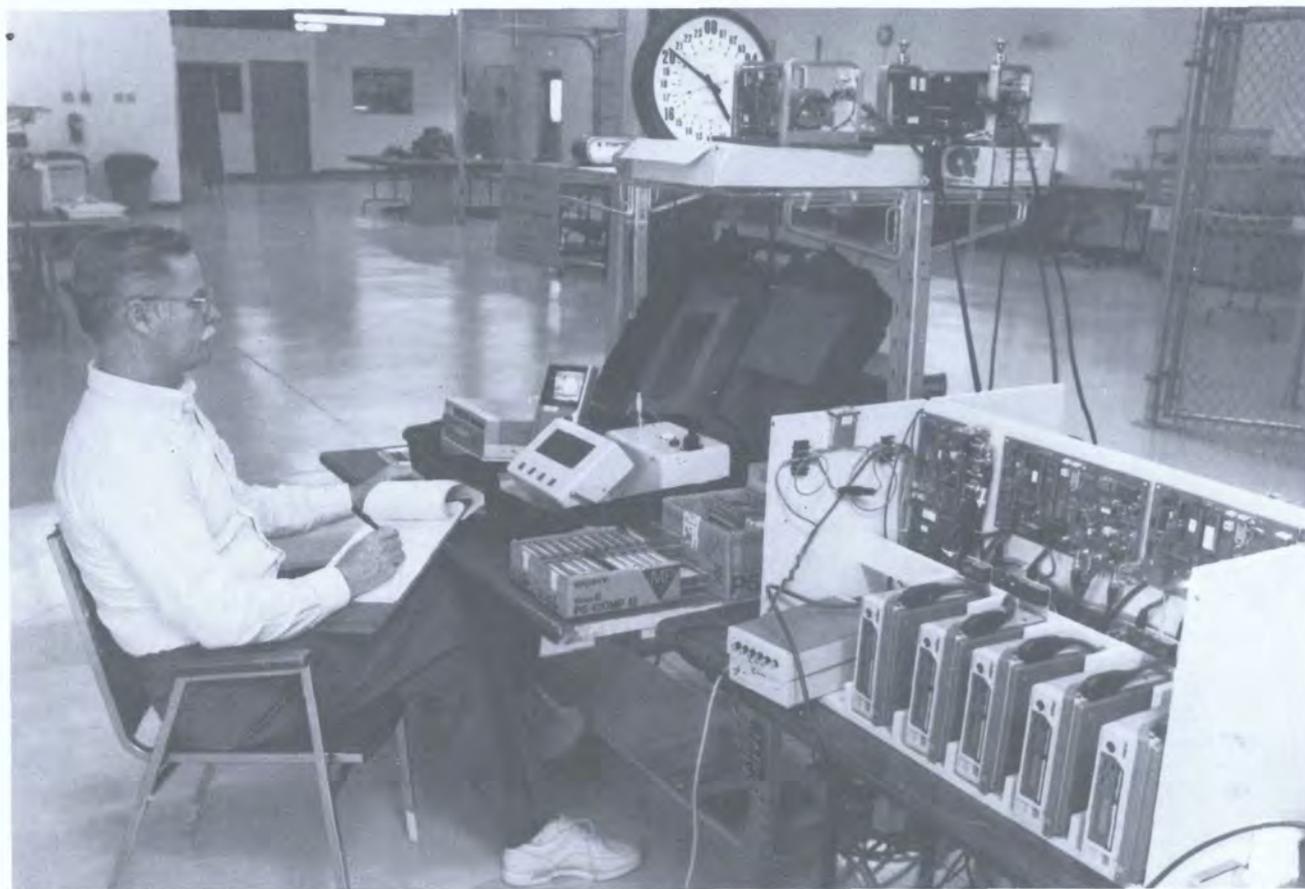
Для оказания поддержки подрядчику НЛС было поручено осуществлять от имени Агентства контроль за проектированием и гарантией качества на месте. Эти усилия были предприняты в рамках программы поддержки гарантий США и в дальнейшем поддерживались с помощью командировок персонала Департамента гарантий МАГАТЭ на выбранную фирму-подрядчика. В свою очередь, ответственные руководители подрядчика дважды посетили Агентство после получения контракта.

Эта деятельность будет продолжаться почти до конца текущего десятилетия по мере производства новых MIVS и запасных частей. В ретроспективе такие совещания по связи и координации усилий оказались жизненно необходимыми, учитывая сложность проекта MIVS.

### Разработка оборудования

Конструкция оборудования MIVS представляет собой КЗТС, управляемую микропроцессором и работающую в автоматическом режиме наблюдения с 5-минутным интервалом в течение 3-месячного инспекционного периода.\* Ее можно монтировать на ядерных установках с легкодоступной основной системой энергоснабжения, а также в ситуациях,

\* „Метод видеоаутентификации“, К.С. Джонсон, *INMM Proceedings* (1987 г.).



MIVS прошла широкомасштабные испытания. На фотографии изображено техническое испытание видеозаписывающего устройства (Предоставлено: компания „Аквила технолоджиз груп“).

Сравнение MIVS с 8-мм кинокамерой

Характеристики	8-мм камера („Твин Миольта“)	MIVS
Принцип записи	Две 8-мм кинокамеры	Два 8-мм телевизионных записывающих устройства
Количество записываемых сцен на единицу материала	7200 (монохром) 3600 (цветная)	26000 (монохром)
Интервал инспекционного обслуживания	25 дней с 5-минутным интервалом между сценами	90 дней с 5-минутным интервалом между сценами
Светочувствительность	Приблизительно 25 люксов	Приблизительно 0,05 люкса
Аннотация времени и даты	Нет	Есть
Положение камеры	Фиксированное, запись/управление осуществляется с одной консоли	Может находиться на расстоянии до 60 м от консоли управления/записи
Энергопитание	2 сухие батарейки размера AA	Питание переменным током, 100–240 В

Характеристики	8-мм камера („Твин Миольта“)	MIVS
Стратегия ремонта в полевых условиях	Полностью заменяется вся система	вспомогательной батареей рассчитанной на 3 ч работы Вставные модули: дисплейный, энергопитания и видеозаписи
Надежность	0,98 при 90 %-ном доверительном уровне на 7000 сцен	Свыше 0,98 при 90 %-ном уровне достоверности на 26000 сцен
Себестоимость	Около 2300 долл. США	Около 13000 долл. США
Эксплуатационные расходы, пленка-лента/90 дней	10 долл. США (необработанная)	20 долл. США
Размеры мм	330x200x230	Блок управления: 640x500x160 Камера: 300x200x230
Эксплуатационный вес	6,5 кг	28 кг (общий)

когда желательно, чтобы ТВ-камера находилась отдельно от записывающего устройства и аппаратуры управления.

На случай отключения энергопитания система оборудована вспомогательной батареей, рассчитанной минимум на 3 часа работы. (См. таблицу характеристик и преимуществ MIVS по сравнению с 8-мм кинокамерами.)

**Модульная концепция и материально-техническое обеспечение.** MIVS имеет модульную конструкцию, что облегчает практический ремонт и техническое обслуживание. Двамя основными компонентами MIVS являются модуль телевизионной камеры и блок управления записывающим устройством. Этот модуль и блок находятся в корпусах, защищенных от постороннего вмешательства и опечатанных Агентством.

Модуль телевизионной камеры состоит из телекамеры ПЗС (прибор с зарядовой связью) и контура видеоаутентификации. Блок управления записывающим устройством включает в себя четыре модуля, которые можно легко заменить во время проведения обычной инспекции. К их числу относятся модуль энергоснабжения, дисплейный модуль и два идентичных записывающих модуля. Модуль энергоснабжения включает в себя универсальный источник прямого и переменного тока, вспомогательную батарею и принтер, регистрирующий на бумажной ленте события, например, число записей в течение инспекционного периода и попытки вмешательства в работу прибора. Дисплейный модуль состоит из блока управления всей системой, дисплея на жидких кристаллах, облегчающего установку и инспекцию системы, а также из принимающего устройства контура аутентификации.

**Видеоаутентификация.** Модуль телевизионной камеры и блок управления записывающим устройством соединены с помощью кабеля гибридного типа (коаксиальный кабель и два медных кабеля), максимальная длина которого 60 м. Данный кабель предполагает использование его третьей стороной. Поэтому MIVS оборудована сложной системой аутентификации, которая гарантирует отсутствие фальсификации видеосигналов, генерируемых телевизионными камерами МАГАТЭ.\* Зарегистрированные события, указывающие на вмешательство в работу системы, записываются энергонезависимым запоминающим устройством и на видеопленку вместе с видеосигналом. Все данные памяти передаются на принтер и распечатываются во время каждой инспекции.

**Записывающие и дублирующие устройства наблюдения.** Важный вклад в общую надежность MIVS вносит подсистема видеозаписывающего устройства (ВЗУ). На ранней стадии конструирования было признано, что для обеспечения непрерывной эксплуатации MIVS наблюдения потребуются дублировать работу ВЗУ, на которые приходится очень высокая нагрузка.

К режиму наблюдения предъявляются очень жесткие требования: два ВЗУ попеременно (и автономно) ведут запись событий, при этом должны быть исключены потери последовательных сцен.

Дублирование фактически гарантирует невозможность такой потери в результате механической или электронной неполадки ВЗУ.

Соответствие этому требованию тщательно проверялось во время испытаний на надежность, проводившихся МАГАТЭ/НЛС в период с апреля по сентябрь 1988 г., в ходе которых было зарегистрировано свыше трех миллионов сцен. Наблюдение во время этих испытаний никогда не прерывалось. При оценке механической надежности записывающего устройства в период с 1986 по 1989 г. НЛС записала еще 10 миллионов сцен, используя для этого 165 ВЗУ.

Анализ полученных данных, а также результатов испытаний по воздействию окружающей среды на ВЗУ привел к разработке Агентством политики замены ВЗУ в MIVS через два года после начала ее работы в полевых условиях. Кроме того, эта политика учитывает и вопросы эффективности затрат.\*

**Блок записей наблюдения и их анализа.** В качестве важной составной части MIVS НЛС разработала блок анализа и оценки записей наблюдения MIVS.\*\* MIVS может записывать видеосцены в любом интервале от 1 до 99 минут. Каждая записываемая сцена аннотируется временем и датой, номером сцены и событиями вмешательства.

Различаются четыре вида событий вмешательства: вскрытие консоли MIVS; потеря энергопитания; отказ системы видеоаутентификации; запись инициирующего события.

Блок анализа записей может обрабатывать эту информацию для инспектора. Он может кратко восстановить недостающие сцены, любые события вмешательства, а также потерю видеоизображения на период свыше 15 секунд. Эту систему можно также перевести в режим автоматической остановки в случае наличия одного из этих условий в целях ручной проверки, или она может корректировать счет зарегистрированных событий без остановки.

Как упоминалось выше, все данные о событиях хранятся также и в электронном запоминающем устройстве. Во время проведения инспекции данные выводятся на принтер распечатываются и становятся частью инспекционного отчета.

## Резюме

MIVS является новой важной системой наблюдения, к внедрению которой вскоре приступает Департамент гарантий МАГАТЭ. Ее разработка стала результатом совместных успешных усилий правительства, частных фирм и Департамента гарантий.

Успешная разработка стала возможной благодаря использованию испытанных и отработанных методов руководства проектами и программами, а также применению соответствующих инструментов проектирования и гарантии качества.

Эти усилия не ослабнут и на стадии внедрения MIVS.

\* „Требования к надежности видеозаписывающих устройств модульной интегрированной видеосистемы (MIVS)”, Э. Доус, *INMM Proceedings* (1989 г.).

\*\* „Блок анализа записей модульной интегрированной видеосистемы (MIVS)”, М.Л. Гарсия, *INMM Proceedings* (1989 г.).

\* „Модульная интегрированная видеосистема (MIVS)”, С.Л. Шнейдери К.С. Сонниер, *INMM Proceedings* (1987 г.).