

# ПРОБЛЕМЫ УСТАНОВКИ И СОХРАННОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА

**О.В. Евстафьев** («Фирма Г.Ф.К.»)

В 1994 г. окончил факультет прикладной космонавтики МИИГАиК по специальности «космическая геодезия и навигация», в 2002 г. — факультет экономики и маркетинга ТУ (МАИ) по специальности «организация предпринимательской деятельности». С 1994 г. работал в компании ПРИН, с 2001 г. — в ЗАО «Геотехсервис-2000». С 2004 г. — ведущий специалист по спутниковому геодезическому оборудованию в региональном офисе Leica Geosystems. С 2009 г. по настоящее время — ведущий эксперт ООО «Фирма Г.Ф.К.».

**А.И. Яценко** («Фирма Г.Ф.К.»)

В 1985 г. окончил Московский авиационный институт по специальности «конструирование вычислительных бортовых систем». После окончания института служил в ВС СССР. С 1987 г. работал на авиапредприятии, с 1996 г. — в компании «Трансаэро», с 2001 г. — в области строительного бизнеса. С 2007 г. — ведущий специалист по системам мониторинга в региональном офисе Leica Geosystems. С 2009 г. по настоящее время — ведущий эксперт по системам мониторинга ООО «Фирма Г.Ф.К.».

На текущем этапе развития технологий наблюдений за деформациями инженерных сооружений и природных объектов большое значение приобретают автоматизированные системы мониторинга (АСМ). АСМ включают разнообразное по назначению и стоимости оборудование: антенны спутниковых приемников ГНСС, электронные тахеометры, уклонометры, отражатели и т. п., позволяющее получать данные, характеризующие состояние изучаемого объекта с разных сторон.

В этой статье приводятся рекомендации по защите оборудования, схемам его размещения, которые для каждого отдельного случая и конкретных автоматизированных систем мониторинга требуют детальной разработки с учетом особенностей объекта, специфики наблюдений и обработки результатов измерений.

В настоящее время при наличии высокотехнологичного оборудования, развитых средств

коммуникаций, мощных вычислительных систем, универсального программного обеспечения и высококвалифицированного персонала проектных бюро создание АСМ не представляет особых технических проблем. И не смотря на то, что это довольно трудоемкий процесс, имея реальный заказ, определенный бюджет и время, вполне возможно разработать, создать и установить систему мониторинга на конкретном объекте. После установки постоянно действующей автоматизированной системы мониторинга необходимо обеспечить ее непрерывную работоспособность. Традиционные средства периодического мониторинга значительно отличаются от автоматизированных систем, прежде всего тем, что они функционируют непродолжительное время и находятся под присмотром специалистов или охраны. Разработчикам АСМ приходится принимать меры для обеспечения бесперебойной работы оборудова-

ния и его защиты от воздействия внешних факторов, к которым относится влияние погодных-климатических условий, флоры и фауны, а также людей. Сюда входят вопросы защиты оборудования от несанкционированного доступа к нему и актов вандализма. Вандализм — одна из главных возможных причин повреждения оборудования автоматизированных систем мониторинга не только в России, но и в других странах мира.

Стоимость современных АСМ значительно выше традиционных периодических средств мониторинга. АСМ должны поддерживать постоянную эксплуатационную готовность и безотказно работать 24 часа в сутки, ежедневно, в течение 365 и более дней, без непредвиденного прерывания функционирования. Очевидно, что при разработке автоматизированных систем мониторинга необходимо уделять серьезное внимание обеспечению их безопасности и

защите. Способы защиты и технические решения в этой области должны являться важной частью проекта системы. Необходимо отметить, что проектирование, установка и эксплуатация автоматизированных систем мониторинга, наземной инфраструктуры спутниковых систем точного позиционирования уже имеет массовый характер. Вместе с тем фактов вандализма становится все больше. Поэтому сообщество разработчиков и пользователей АСМ собирает и обобщает практический положительный опыт использования подобных систем, включая и обеспечение безопасности. Рассмотрим подробнее основные моменты, практические советы и некоторые примеры способов защиты оборудования.

В зависимости от задач, решаемых создаваемой системой, и существующих условий оборудование АСМ может быть установлено на охраняемой или совсем неохраняемой обширной территории. К сожалению, наличие охраны не всегда способствует сохранности оборудования. Порой сотрудники охраны или персонал на объекте, где установлено измерительное оборудование, являются причиной сбоя в работе системы, поскольку они смещают оборудование со своих мест по неосторожности или из-за чрезмерного любопытства. Тем более наличие охраны не является панацеей от воздействия погодноклиматических факторов. Однако, как показывает опыт, создание постоянно действующей и работоспособной АСМ вполне реально, при тщательной проработке проекта в части обеспечения безопасности и сохранности оборудования.

Существуют две стратегии обеспечения сохранности оборудования: активная и пассивная. Активная стратегия направлена на защиту от действий человека и связана с предупреж-

дением персонала на объекте, а также с воздействием на мнение населения через средства информации. Пассивный путь заключается в предотвращении повреждения оборудования путем защиты измерительных приборов и отдельных датчиков в местах их установки, а также каналов коммуникаций и программного обеспечения от несанкционированного доступа и хакерских атак.

#### ▼ Активная защита оборудования

В процессе производства и доставки оборудование проходит сложный путь логистики. Одним из способов активной защиты оборудования АСМ является нанесение этикеток и надписей, указывающих, что оборудование имеет специальный код и никто, за исключением собственника, не имеет право его использовать (рис. 1). Дело в том, что после продажи оборудования производитель заносит индивидуальный код изделия и наименование владельца в свою базу данных для исключения его несанкционированного использования или перепродажи в случае воровства. Имеются реальные случаи, когда похищенное оборудование было возвращено собственникам. В России многие компании — поставщики геодезического оборудования ведут базы данных проданных приборов и составляют списки номеров пропавших средств измерений своих клиентов.

Значительное влияние на целостность систем мониторинга оказывает отношение населения и понимание им тех положительных результатов, которые предоставляют системы мониторинга, например, работа системы раннего оповещения на потенциально опасных объектах.

Организация, отвечающая за разработку и установку АСМ, должна объяснить населению необходимость и преимущество



Рис. 1

Этикетка на ящике с электронным тахеометром, указывающая, что прибор имеет специальный защитный код

установки таких систем и обязательного поддержания их постоянной работоспособности. При реализации проектов, с согласия местной администрации, среди населения необходимо проводить разъяснительную работу. Большинство людей позитивно относятся к наличию систем мониторинга и понимают важность их функционирования, поскольку АСМ, по сути, являются системами обеспечения их безопасности.

Как минимум, одним из эффективных факторов активного противодействия воровству и вандализму считается установка в местах функционирования оборудования информационных табличек с кратким сообщением о назначении системы. Кроме того, ограждающие конструкции и приборы окрашиваются в специальные цвета с целью предупреждения населения о статусе повышенной опасности и важности данного объекта. Для удовлетворения крайнего любопытства возможно проведение обзорных организованных экскурсий для популяризации и объяснения назначения установленных систем.

Используя все возможные средства информации, необходимо дать понять людям, что установленная система автоматизированного мониторинга является безопасной и необходимой, а также то, что случаи вандализ-

ма будут пресекаться, и местные правоохранительные органы имеют все полномочия наказывать виновных за сбой или остановку в работе системы, вследствие нанесенных разрушений.

Однако бывают случаи, когда проект по созданию системы мониторинга поднимает бурю эмоций и провоцирует недовольство местного населения, например, при устройстве больших плотин в районах массового земледелия, активного местного судоходства, там, где находятся древние исторические памятники и памятники архитектуры. В таких случаях задача проектных и эксплуатирующих организаций систем автоматизированного мониторинга усложняется, так как возникают дополнительные проблемы обеспечения сохранности устанавливаемого оборудования, систем электропитания и коммуникаций. В этих случаях наиболее оправдана пассивная стратегия защиты.

#### ▼ Пассивная защита оборудования

В одной публикации невозможно привести полный перечень решений, которые разработчики АСМ должны включить в проект для защиты оборудования от актов вандализма и хищений. Однако при разработке системы, как минимум, необходимо рассмотреть основные вопросы и принять во внимание следующие факторы:

- места закладки геодезических знаков, реперов и марок должны быть доступны для наблюдений, но, в то же время, специально обозначены и защищены от непредвиденной или случайной порчи и разрушения;

- места установки оборудования должны быть огорожены от доступа животных, птиц и людей;

- для работы электронного тахеометра в автоматическом режиме необходимо обеспечить прямую оптическую видимость до отражателей;

- над антеннами приемников ГНСС должен иметься свободный обзор небесной сферы;

- приземные отражатели из стекла достаточно хрупкие и должны быть защищены от возможных повреждений и хищений;

- системы электроснабжения необходимо защищать от воровства, а также обеспечить травмо- и электробезопасность окружающих;

- слабым местом антенны приемника ГНСС является антенно-фидерный кабель, который часто обрывают;

- следует учитывать наличие близкорасположенных радиопередатчиков, которые могут оказывать помехи на средства связи, используемые в АСМ для передачи данных.

Необходимо учесть, что не только человеческий фактор отрицательно влияет на работоспособность систем мониторинга. Разработчики не должны исключать влияние флоры и фауны. Постоянно растущие деревья и кустарники, сбрасывая листву к зиме, и наоборот, обрастая листьями летом, нарушают прямую оптическую видимость до отражателей или ухудшают обзор небесной сферы над антеннами приемников ГНСС. Снег и лед также становятся естественными препятствиями. Птицы часто используют купола антенн спутниковых приемников для отдыха, вызывая прерывание или ухудшение качества принимаемых сигналов глобальных навигационных спутниковых систем. Крысы и другие грызуны выводят из строя кабельные линии при их прокладке под землей.

Разработчики системы мониторинга и специалисты эксплуатирующей организации должны тщательно изучить возможные внешние источники нарушения работы устанавливаемого оборудования, действующие на данной территории. На основе

имеющихся данных необходимо создать условия на местности для предотвращения доступа к оборудованию и его воровства, разработать технические средства для физической защиты приборов, датчиков, призм и т. п. Необходимо также предусмотреть запасные варианты функционирования и дублирования отдельных компонентов системы, иными словами, принять необходимые меры для пассивной защиты оборудования.

#### ▼ Установка антенн приемников ГНСС

Антенны спутниковых приемников находятся на открытом месте и являются удобной мишенью для вандалов. Эксплуатирующие организации, как правило, постоянно сталкиваются с фактами обрыва кабелей антенно-фидерного тракта. При разработке и эксплуатации систем этот фактор необходимо учитывать в первую очередь.

Хороший уровень защиты обеспечивается при установке антенны спутникового приемника на высокой мачте (рис. 2). На нее трудно влезть, а кабели надежно защищены, поскольку находятся в пластиковых гофр-рукавах.



**Рис. 2**  
Пример установки антенны спутникового приемника базовой станции на высокой мачте

Приведем два примера надежной защиты от вандализма спутникового оборудования, установленного на доступной (неохраняемой) территории. На рис. 3 показаны антенна и одночастотный приемник GPS сети базовых станций De Beers (Австралия), установленные на пилоне, до верха которого без высокой стремянки добраться невозможно. При этом приборный отсек закрыт на замок, а электрические кабели убраны в пластиковые трубы.



**Рис. 4**  
Базовая станция сети Nanjing (Китай)

На рис. 4 приведена базовая станция сети Nanjing в Китае, где были применены специальные колпаки, защищающие директоры и поверхность кольцевой периодической решетки Choke-Ring антенны, а также кабели антенно-фидерного тракта. Внутри полностью закрытого железобетонного пилона расположены части блоков коммуникации и питания. Все кабели проложены под землей в пластиковых кабельных трубопроводах. Штыри грозовой защиты расположены по периметру специального защитного колпака антенны.

Тем не менее, даже при установке антенны в местах с ограниченным доступом, необходимо тщательно защитить кабели антенно-фидерного тракта. На мостовых конструкциях места

установки пилонов для измерительных приемников ГНСС выстраиваются вдоль пролетной части моста и тротуарной зоны, при условии достаточной высоты пилона, что обеспечивает надежный прием спутникового сигнала, исключающий влияние проходящих большегрузных автомобилей, и хорошую защиту от актов вандализма. На рис. 5 приведен пример такой установки спутниковой антенны. Штыри грозовой защиты расположены на специальной площадке по ее периметру.

Порче подвергаются и сами антенны приемников ГНСС. Разработчикам следует рекомендовать применение колпаков, защищающих антенны и кабели антенно-фидерного тракта. Подобные защитные колпаки были применены в большинстве проектов, реализованных в Китае. Необходимо обратить внимание, что эти колпаки не только закрывают директоры и поверхность антенн, подобно колпакам Choke-Ring антенн, но и защищают кабели антенно-фидерного тракта и механизмы крепления.

В Бельгии для сети базовых станций Walcors разработаны пилоны высотой 8 м. Это конструктивное решение интересно тем, что для внешней оболочки используются трубы от



**Рис. 5**  
Пилон спутниковой антенны АСМ моста через р. Енисей вблизи Красноярска



**Рис. 3**  
Спутниковый приемник с антенной сети базовых станций De Beers (Австралия)

столбов освещения с независимым стержнем-пилоном внутри. Внешняя труба защищает внутренний стрержень пилона от порывов ветра или солнечного нагрева. Подобный пилон выглядит как обыкновенный осветительный столб, за исключением размещенной наверху антенны. Даже водители машин с высоко расположенной кабиной и хорошим обзором не обращают внимания на подобные конструкции. Восьмиметровая высота пилона значительно затрудняет любой факт вандализма, так как антенна спутникового приемника не привлекает внимание и защищена от механического воздействия большегрузных машин, проходящих по скоростной трассе. Такая высота также позволяет существенно уменьшить помехи перетраженных спутниковых сигналов от движущегося транспорта.

#### ▼ Установка электронных тахеометров

При разработке проекта необходимо тщательно учесть все детали системы, направленные на сохранность оптоэлектронного оборудования. Для контроля стабильности фундаментов и вертикальных деформаций зданий тахеометр часто располагают на фронтоне здания или напротив него, на высоком пилоне, закрепленном в бетонном основании. В большинстве случаев электронный тахеометр, работающий в автоматическом режиме, устанавливается на

ческом режиме, устанавливается в стеклянном ящике (рис. 6) или в отдельном помещении с прозрачными стенами, обеспечивающими его защиту со всех сторон (рис. 7). Как правило, около входа размещается информация для объяснения назначения проекта и координаты ответственных лиц. Также устанавливаются таблички, предупреждающие о повышенной опасности и возможности поражения электрическим током. Наличие реально функционирующей или имитационной видеокамеры отпугивает вандалов и предотвращает хищения.

Иногда возникает необходимость в установке временных

пилонов на заранее выбранной точке. Как правило, пилон на месте наблюдения располагают вертикально вверх для крепления на нем электронного тахеометра или антенны приемника ГНСС. Конструкция пилона и место его размещения должны всецело способствовать защите устанавливаемого на нем оборудования или приемных устройств. Пилон должен иметь такую конструкцию, чтобы предотвращать искажение результатов измерений за счет любого, сколько-нибудь незначительного, его смещения или отклонения из-за солнечного нагрева, движения поверхностных слоев земли, тротуарных или дорожных покрытий, на которых он установлен. Для подобных случаев обычно рекомендуется вести наблюдения за вертикальной стабильностью пилона при помощи высокочувствительных инклинометров. Наличие данных, получаемых инклинометром, позволяет при наклоне пилона регулярно перевычислять координаты электронного тахеометра или антенны спутникового приемника, установленных на нем. Пилоны для контрольных (опорных) точек должны быть расположены вне зоны деформации.

На рис. 8 показан пример временного пилона для электронного тахеометра системы автоматизированного мониторинга, установленного фирмой SolData на юге Франции. Все призмы и отражающие пленки расположены наверху здания. Тахеометр установлен на высоком пилоне, закрепленном на железобетонном массивном фундаменте. Однако при проведении земляных работ существует риск, что у тахеометра изменятся координаты его местоположения. Для периодического контроля координат тахеометра и обеспечения достоверности измерений рекомендуется установка призм опорного обоснования на стабильном ос-



**Рис. 8**  
Временный пилон с электронным тахеометром (Франция)

новании или применение «метода активной опорной точки».

#### ▼ Защита призм отражателей

Призмы и отражатели являются частью измерительной системы автоматизированного мониторинга с помощью электронных тахеометров, работающих в автоматическом режиме.



**Рис. 9**  
Металлический стакан защищает отражатель от пыли, дождя и снега (Италия)

Как правило, даже на объектах, где затруднен доступ, существует ряд обстоятельств, когда призмы и отражатели должны быть защищены специальным кожухом и открыты только в направлении линии визирования тахеометра (рис. 9). Для защиты призм от дождя, грязи, пыли и даже от снега в некоторых стра-



**Рис. 6**  
Электронный тахеометр, установленный «Фирмой Г.Ф.К.» для автоматического контроля за смещениями высотного здания комплекса Москва-Сити



**Рис. 7**  
Специальное помещение для размещения электронного тахеометра на карьере

нах и регионах также имеются оригинальные инженерные решения (рис. 10).

▼ **Защита источников питания, систем коммуникации и передаваемой информации**

Места установки пилонов для электронных тахеометров, антенн спутниковых приемников базовых станций и других дорогостоящих измерительных приборов, как правило, огораживают забором. Кабельные трассы должны быть проложены в пластиковых трубах ниже поверхности земли. Антенны радиосвязи также требуют защиты, но, в действительности, их необходимо размещать на самом верху пилона для обеспечения хорошего приема радиосигнала. Как правило, акты вандализма реже связаны с приемо-передающими антеннами, так как вандалы считают, что антенны являются элементами системы тревожного оповещения служб охраны и обслуживания или милиции. Действительно, все оборудование электропитания, коммуникаций и терморегуляции лучше разместить в металлическом ящике с надежным замком и дополнительно установить датчик вскрытия (рис. 11).

Стремительное развитие технологий и появление новых ба-

тарей типа DMFC (Direct Methanol Fuel Cell) — топливных окислительно-восстановительных элементов с огромным запасом автономности, минимальными затратами на обслуживание, малыми габаритами и массой, а также возможностью размещения в небольших приборных отсеках — позволит располагать автономные системы автоматического мониторинга в глухих, труднодоступных местах, ограниченных возможностью посещения техническим персоналом.

Невозможно перечислить количество актов вандализма, связанных с солнечными панелями. Как правило, эти панели необходимо располагать на открытом месте с солнечной стороны, где они прекрасно доступны для обозрения. Солнечные панели устанавливают достаточно высоко на пилонах, обеспечивая сохранность, а также возможность размещения оборудования для сбора и накопления энергии в защищенном приборном отсеке. Необходимо учесть, что солнечные панели нередко воруют или ломают.

В автоматизированных системах мониторинга и сетях базовых станций все больше используются проводные и беспроводные каналы связи для соединения с Интернет. Необходимо осуществить защиту от случайного доступа и проникновения хакеров на серверы систем, где уставлены программы для автоматической обработки поступающих данных. К счастью, на данный момент пока нигде не встречалась информация о том, что хакеры реально взламывали защиту таких систем, перегружали каналы коммуникаций, прерывали процесс обработки данных или занимали объем жестких дисков для хранения результатов. Однако следует отметить, что кроме защиты оборудования необходимо уделить особое внимание защите локальных компьютерных сетей систем мониторинга от хакерс-



**Рис. 10**

*Примеры защиты отражателей от пыли, дождя, снега и вандалов (Китай)*

ких атак из Интернет и при проектировании АСМ предусмотреть средства для соответствующей программной и аппаратной защиты, например, сетевых экранов и систем идентификации по входящим IP-адресам.

Активное развитие технологий измерений, сбора и обработки информации значительно трансформирует прежний опыт установки автоматизированных систем мониторинга. Даже при ограниченных технических или финансовых ресурсах необходимо позаботиться о способах и средствах защиты оборудования и коммуникаций на объектах мониторинга для уменьшения значительных материальных затрат на восстановление в случае порчи, воровства или уничтожения компонентов системы или приостановке предоставления важной информации. Выбирая наиболее оптимальные решения, при этом, необходимо также уделять внимание защите окружающей среды и безопасности самих людей.

**RESUME**

Recommendations and concrete examples on protecting the equipment of the automated monitoring systems, used for observing deformations in engineering structures and natural objects are given. It is marked that there are many ways to ensure safety and constant working ability of the automated monitoring systems, which depend primarily on natural and climatic conditions, culture and mentality of the local people.



**Рис. 11**

*Монтаж блока аппаратуры системы мониторинга моста через р. Енисей вблизи Красноярска*