

## ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

УДК 622.271.333

В.В. Демьянов, С.М. Простов, С.В. Сидельцев

### ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ КАРЬЕРОВ

При ведении открытых горных работ большое значение имеет устойчивость бортов карьеров, напрямую связанная с напряженно-деформированным состоянием приоткосных массивов, с его трещиноватостью, перемещением элементов в пространстве. Поэтому обеспечению устойчивости бортов карьеров уделяется большое внимание как на стадии проектирования, так и в процессе проведения горных выработок путем разного рода натурных наблюдений: визуальных, маркшейдерских инструментальных, геофизических, аэрофотосъемки и фотограмметрии и др. Этими методами фиксируется состояние массива в данный момент времени, а получение информации об его изменении базируется на сопоставлении полученных результатов с предыдущими. Так как эти измерения достаточно трудоемки, то их проводят с определенной периодичностью и при этом трудно судить о динамике изменения состояния массива во времени: либо деформация происходит с медленно нарастающей или затухающей скоростью, либо с постоянной скоростью или с быстрым, прогрессирующими смещением пород [1]. Поэтому организация непрерывного контроля за состоянием борта карьера имеет существенное значение как для обеспечения нормального технологического режима, так и для прогноза возможных обрушений со значительным экономическим и социальным ущербом.

Достаточно длительное время для наблюдений за де-

формациями откосов бортов карьеров и отвалов используется стереофотограмметрическая съемка на базе стандартной аппаратуры, выпускаемой в Германии [2]. Кроме этой аппаратуры предлагается использовать фотоаппараты любой конструкции, позволяющие с помощью дополнительных приспособлений сфотографировать выбранный участок борта карьера и далее по полученной фотографии провести фотопланиметрическое определение трещиноватости его откоса [3]. При всех достоинствах фотометрических методов перед другими следует отметить, что они имеют существенные недостатки, т.к. достаточно трудоемки и не позволяют проводить оперативный непрерывный контроль устойчивости борта карьера.

Для этих целей более приемлемыми являются оптико-электронные методы дистанционного непрерывного контроля, например, с использованием передающих телевизионных камер, которые уже нашли применение при оперативном контроле транспортных потоков (система "Поток" и др.). Подобные системы можно отнести к так называемым промышленным системам видеонаблюдения или машинного зрения, применение которых в автоматизированных системах контроля и прогноза устойчивости бортов карьеров требует решения целого ряда технических проблем:

- передача и прием телевизионной информации с использованием беспроводных технологий в пределах участка веде-

ния открытых горных разработок;

- компьютерная обработка изображений объектов, полученных в электронном виде;

- автоматизированное распознавание степени нарушенности откоса борта карьера;

- прогнозирование устойчивости борта карьера.

Первая проблема с технической точки зрения является наиболее важной и наименее разработанной, т.к. требует применения специальных подходов для передачи телевизионного изображения. Вторая и последующие проблемы тоже не менее важны, однако их решение существенно облегчается на основе реализованной электронной модели контролируемого объекта.

Выбор стандарта для передачи телевизионного изображения определяется типом беспроводной связи телекоммутационной системы горного предприятия. Для этих целей может быть использован радиоканал, сотовая связь (GSM, NMT-450i), транкинг MPT 1327 [4].

В среде транкинговой сети стандарта MPT 1327 передача видеоизображения возможна с помощью видеокоммуникатора, например, KENWOOD VC-H1 через мобильный комплект на базе радиостанции MOTOROLA GM 1200 (рис. 1).

Видеокоммуникатор VC-H1 запоминает в памяти, хранит и выбирает для передачи до десяти видеоизображений от внешних устройств (фотокамеры, видеомагнитофона, видеокамеры, компьютера), а также преобразует видеосигналы в сиг-

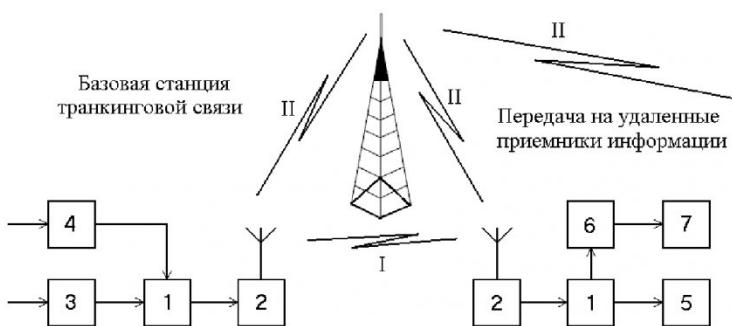


Рис. 1. Структурная схема передачи видеоизображения в стандарте MPT 1327: 1 – видеокоммуникатор; 2 – радиостанция; 3 – видеокамера; 4 – цифровая фотокамера; 5 – видеомагнитофон; 6 – компьютер для обработки видеоизображений; 7 – сервер локальной сети предприятия

налы телевизионного изображения с медленной разверткой стандарта SSTV, необходимые для передачи видеинформации в транкинговой системе стандарта МРТ 1327, как непосредственно между двумя радиостанциями в пределах прямой связи (I), так и через базовые станции при значительном удалении между радиостанциями (II).

При отсутствии транкинговой сети радиосвязи в пределах района контролируемого объекта передачу видеоизображений можно вести через другие радиоканалы УКВ-связи. Для этих целей есть возможность использования не только индивидуальных радиостанций, но и УКВ-сети автоматизированной системы диспетчеризации горнотранспортного оборудования «Карьера», которая внедряется на ряде угольных разрезов Кузбасса. В этой сети используются две дуплексные радиочастоты, что позволяет на одной частоте передавать видеоизображения контролируемых объектов, а на другой осуществлять управление в виде сигналов запроса на передачу. Использование в системе «Карьера» своей базовой станции значительно упрощает организацию передачи и приема информации на сервер компьютерной системы видеонаблюдения.

Внедрение других систем связи и перекрытие ими территории угольных разрезов позволяет создать дублированный

канал передачи видеинформации. В этом случае развитие сетей сотовой связи изменяет ситуацию в лучшую сторону, т.к. позволяет передавать информацию через базовую станцию регионального оператора сотовой связи, например, стандарта GSM через радиомодемы Siemens MC35i Terminal фирмы “Siemens” [5]. Эти радиомодемы в отличие от Siemens TC35 Terminal позволяют производить обмен информацией на неограниченном расстоянии в режимах как голосовых, так и текстовых SMS- и GPRS- сообщений (рис. 2).

В данной телекоммуникационной системе возможна установка до 32 видеокамер на одну цифровую систему видеонаблюдения, например, типа EWCLID, которая позволяет производить захват кадра с последующей его передачей, оперативное управление записью по каналу, времени и детектору

движения. Модульное построение системы позволяет производить ее наращивание и создавать распределенные системы с неограниченным соединением серверов по сети.

В цифровых системах видеонаблюдения возможно использование как цветных, так и черно-белых видеокамер с термокожухами в широком диапазоне температур (от -40 до +40 °C и более), а также программно-аппаратных комплексов видеоконтроля “Инспектор”, “AceCop”, “COAL” и др. Эти программно-аппаратные комплексы позволяют осуществлять непрерывный контроль за объектом видеонаблюдения и записывать в память только изменяющуюся информацию, например, движение трещины или оползня, что значительно снижает объем передаваемой информации и, соответственно, нагрузку на каналы связи.

Применение в автоматизированных системах контроля устойчивости бортов карьеров систем машинного зрения дает возможность осуществлять сбор и анализ изображений в реальном масштабе времени. Эти системы обладают мощным прикладным программным обеспечением, позволяющим распознавать и обрабатывать различные изображения с высокой скоростью и качеством считываивания.

В заключение следует отметить, что новые телекоммуникационные технологии позволяют резко сократить время на

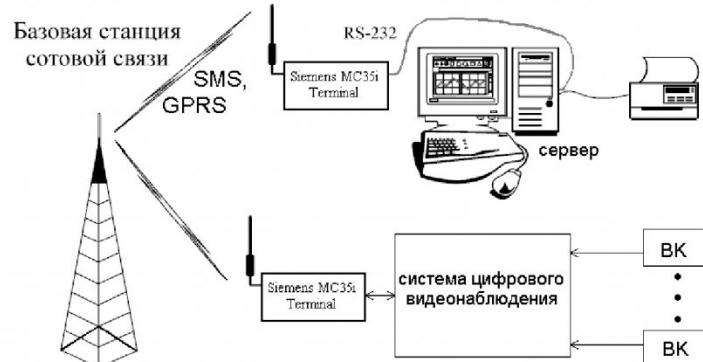


Рис. 2. Функциональная схема телекоммуникационной системы с компьютерной системой цифрового видеонаблюдения

получение электронного изображения объекта, т.к. исключают из этого процесса процедуры ручного фотографирования и его сканирования при вводе в компьютер алгоритмы и программы. Алгоритмы и программы дальнейшей автомати-

зированной обработки электронного изображения, разработанные авторами работы [2], могут быть применены в данной системе для прогнозирования устойчивости борта карьера по локальным смещениям его откоса. Для этих же целей можно

использовать пакеты прикладных программ, применяемые для цифровой обработки изображений при создании географических информационных систем [6].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галустян Э.Л. Исследования в области устойчивости бортов карьеров // Горный журнал. – 1997. – №1. – С. 25-27.
2. Демин А.М. Проблемы контроля устойчивости приоткосных массивов и пути ее решения//Горный журнал. – 1997. – №1. – С. 21-24.
3. Львов А.Д. Автоматизированное определение степени трещиноватости откоса уступа карьера/А.Д. Львов, Д.М. Потресов, Л.А. Бахвалов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: Изд-во МГГУ. – 2002. – №12. – С. 20-24.
4. Демьянов В.В. Методологические основы создания автоматизированной системы комплексного геоконтроля устойчивости бортов карьеров / В.В. Демьянов, С.М. Простов, Р.Ю. Сорокин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: Изд-во МГГУ. – 2003. – №7. – С. 109-110.
5. Демьянов В.В. Система автоматизированного геоконтроля и прогноза физических процессов в техногенных массивах карьеров / В.В. Демьянов, С.М. Простов, С.В. Сидельцев, Р.Ю. Сорокин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: Изд-во МГГУ. – 2004. – №10. – С. 156-158.
6. Лурье И.К., Косиков А.Г. Теория и практика цифровой обработки изображений. – М.: Научный мир, 2003. – 168 с.

□ Авторы статьи:

Демьянов  
Владимир Васильевич  
– канд. физ.-мат. наук, доц.  
каф.электропривода и автоматизации

Простов  
Сергей Михайлович  
– докт. техн. наук, проф. каф. теоретической и геотехнической механики

Сидельцев  
Сергей Владимирович  
– ст. преп. каф. электропривода и  
автоматизации

**УДК 622.271.333:626:550.372**

**С.П.Бахаева, С.И.Протасов, Е.В.Костюков, А.И.Федосеев, С.В.Практика**

## ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ТЕХНОГЕННЫХ МАССИВОВ

Гидроотвалы после заполнения их до проектной отметки представляют собой техногенный намывной массив, сложенный пылевато-глинистыми грунтами. Отличительной особенностью этих грунтов является низкая степень их литификации, которая характеризуется преобладанием водно-коллоидных структурных связей. Отсутствие свободного оттока воды из пор глинистых грунтов вследствие их низкой проницаемости, предопределяет возникновение избыточного порового давления, которое при достижении критических величин приводит к снижению прочностных характеристик грунтов и возникновению деформаций массива в виде сплыва, выпора,

оползня и т.д. Поэтому для предотвращения аварийных ситуаций эксплуатацию, консервацию, рекультивацию либо ликвидацию таких сооружений следует сопровождать гидрогеомеханическим контролем состояния техногенного намывного массива. В течение двух десятилетий на гидроотвалах Кузбасса проводится гидрогеомеханический контроль намывного массива с использованием датчиков-пьезодинамометров. Этот вид контроля в совокупности с маркшейдерско-геодезическим позволил обеспечить безопасные условия эксплуатации гидроотвалов при высоте дамб до 75 м (Бековский гидроотвал), консервацию с последующей отсыпкой сухих

отвалов поверх намывных отложений (Сагарлыкский гидроотвал). В 2000 году в связи с целесообразностью отработки запасов угля, замытых ранее гидроотвалом №3 Филиала "Кедровский угольный разрез" ОАО "УК "Кузбассразрезуголь", начаты работы по ликвидации этого гидроотвала посредством смыва намывных отложений гидромеханизированным способом [3].

Для исследования напряженного состояния намывного массива в период ликвидации гидроотвала оборудована станция гидрогеомеханического контроля (рис. 1), которая включает три наблюдательных пункта, размещенных в грунтах различной консистенции. Кажд-