

УДК 622.233

**И.В. Колодина, Е.А. Новиков, В.Л. Шкуратник**

**ЛАЗЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ОРИЕНТАЦИИ  
ТЕЛЕВИЗИОННОЙ АППАРАТУРЫ  
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ БУРОВЫХ СКВАЖИН  
НА КАРЬЕРАХ**

*Приведено описание технических решений, обеспечивающих ориентацию и стабилизацию изображения стенок взрывных скважин, получаемого с помощью скважинной телевизионной аппаратуры.*

*Ключевые слова: телевизионная аппаратура, взрывные скважины, лазерная система ориентации.*

Семинар № 3

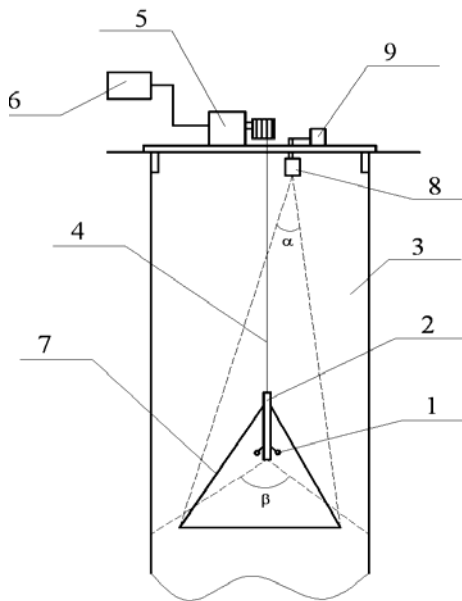
---

**К**аротажные методы являются на сегодня основным инструментом получения информации о состоянии взрывных скважин на карьерах. Такая информация обычно включает сведения о литологическом разрезе пород вдоль скважин, местоположении трещиноватых зон и их характеристиках, наличии карстовых пустот и аномальных по физикомеханическим свойствам включений, глубине водоносных горизонтов, их мощности и др. Указанные сведения используются как для оптимального проектирования взрывных работ, так и для обеспечения эффективности и безопасности их проведения.

Для традиционных методов каротажа, основанных на изучении естественных и искусственно создаваемых физических полей в скважине и прискважинном пространстве, характерны с одной стороны высокая информативность, а с другой – дороговизна реализации, а также сложность и неоднозначность интерпретации так называемых каротажных кривых. Последним объясняется определенное недоверие к данным каротажа со стороны основных потребителей этих

данных, то есть технологов-взрывников, которые при оценке состояния скважины предпочитают иметь дело не с абстрактными (с их точки зрения) кривыми, а с реальным изображением стенок скважины. Хотя такое изображение не позволяет получить информацию о прискважинной и межскважинной области массива, но оно оказывается вполне достаточным для решения большинства задач практики взрывных работ в условиях карьеров.

Для получения изображения стенок скважины может использоваться аппаратура двух типов. Это скважинный акустический телевизор (САТ), предполагающий эхолотационное ультразвуковое сканирование поверхности скважины и последующее преобразование отраженного сигнала в видеоизображение. При этом решающая способность САТ составляет примерно 1.0 мм [1]. Второй тип аппаратуры – телевизионная аппаратура для исследования скважин (ТАИС) обеспечивает примерно вдвое большее разрешение цветного изображения и состоит из перемещаемого вдоль скважины снаряда с видеокамерой, соединенной каротажным



**Рис. 1. Структурная схема устройства системы ориентации (1 вариант)**

кабелем с находящимися на поверхности блоками питания, управления, приемника и регистратора телевизионного изображения. Направление обзора видеокамеры совпадает с осью скважины, а её угол обзора, составляющий  $160^\circ$ , позволяет наблюдать как пространство впереди камеры (вплоть до забоя скважины) так и круговую перспективу стенок скважины.

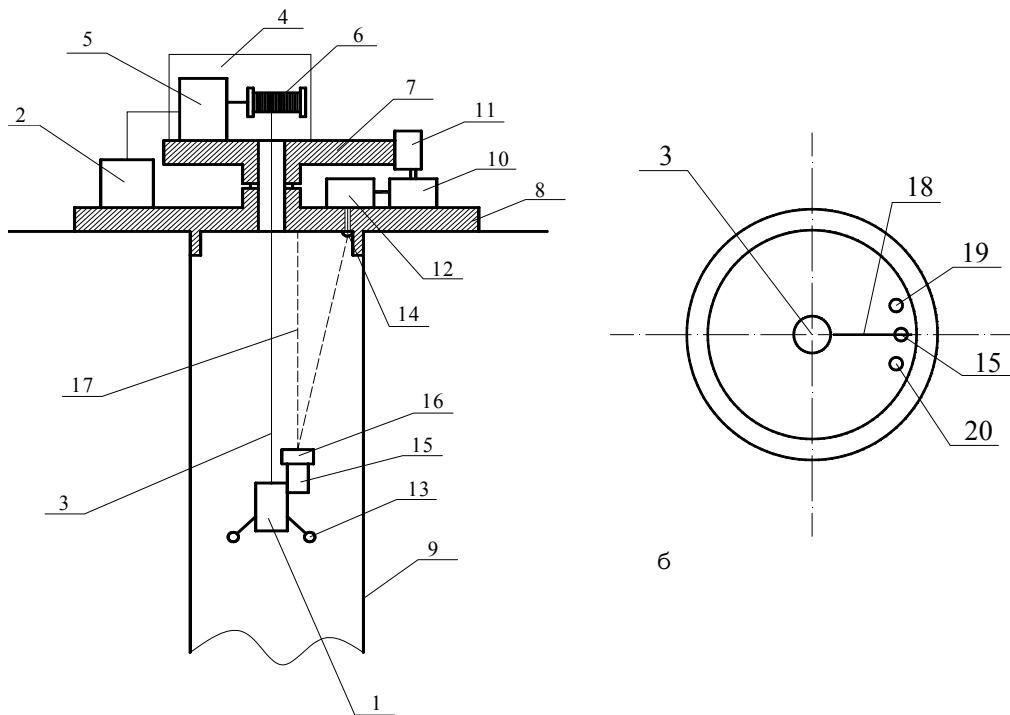
Опыт эксплуатации ТАИС выявил основной её недостаток, заключающийся в неконтролируемом вращении скважинного снаряда (а значит и телекамеры) вокруг своей оси при спуске и подъеме, что приводит к невозможности однозначной ориентации изображения на ТВ приемнике и регистраторе относительно сторон света [2]. Ниже приводится описание двух вариантов технических решений, позволяющих обеспечить указанную ориентацию.

На рис. 1 представлен первый из вариантов схемы ТАИС с лазерной системой ориентации получаемого изображения относительно сторон света.

Указанный вариант состоит из источника света 1, TV-камеры 2, спускаемой в скважину 3 на кабеле 4 посредством спускоподъемного механизма 5, приемника телевизионного изображения 6 и системы ориентации изображения стенок скважины относительно сторон света. Эта система выполнена в виде полого конуса 7 из полупрозрачного материала, в вершине которого размещена телевизионная камера 2, и лазерного излучателя 8, установленного на устье скважины. Перемещение лазерного излучателя 8 осуществляется посредством привода 9. При этом луч лазера перемещают на угол  $\alpha$  в плоскости, проходящей через центр основания конуса, а угол обзора  $\beta$  TV-камеры обеспечивает наблюдения стенок скважины и нижней части конуса.

Устройство для наблюдения стенок скважины работает следующим образом.

Вначале осуществляют ориентацию плоскости перемещения лазерного луча таким образом, чтобы она проходила через центр основания конуса. Затем направление перемещения лазерного луча ориентируют относительно сторон света посредством, например, компаса. Далее спускают в скважину телевизионную камеру 2 с закрепленным на ней полым конусом 7. При этом в поле зрения камеры попадают стенки скважины и нижняя часть поверхности конуса 7, на которую проецируется луч лазера 8 в плоскости его перемещения. В результате этого на приемнике телевизионного изображения наблюдаются изображения стенок скважины и два световых отрезка, которые имеют точную ориентацию по направлению



а  
**Рис. 2. Структурная схема устройства (а) и вид на нижнюю кольцевую платформу со стороны скважины (б) системы ориентации (2 вариант)**

сторон света. Соотношение яркости линии направления и изображения стенок скважины устанавливают регулируя мощность источника света 1 и лазерного излучателя 8. Таким образом, с помощью предложенного устройства можно наблюдать стенки скважины по всей глубине и постоянно определять их местоположение относительно сторон света.

На рис. 2 представлен второй из вариантов схемы ТАИС с лазерной системой ориентации, обеспечивающей нивелирование вращения ТВ камеры, а следовательно постоянство ориентации получаемого видеобразия относительно сторон света. Указанный вариант содержит телевизионную камеру 1, связанную с приемником 2 телевизионного изобрае-

ния кабелем 3, проходящим через спускоподъемное устройство 4 в виде двигателя 5 и вращающегося на его оси барабана 6. Спускоподъемное устройство закреплено на верхней кольцевой платформе 7, установленной с возможностью вращения в горизонтальной плоскости на неподвижной нижней кольцевой платформе 8. Эта платформа расположена соосно как с верхней кольцевой платформой, так и со скважиной 9, на устье которой она жестко закреплена. На верхней поверхности нижней кольцевой платформы закреплен реверсивный двигатель 10, который через редуктор 11 связан с верхней кольцевой платформой, а через свой управляющий вход – с блоком 12 управления реверсивным двигателем.

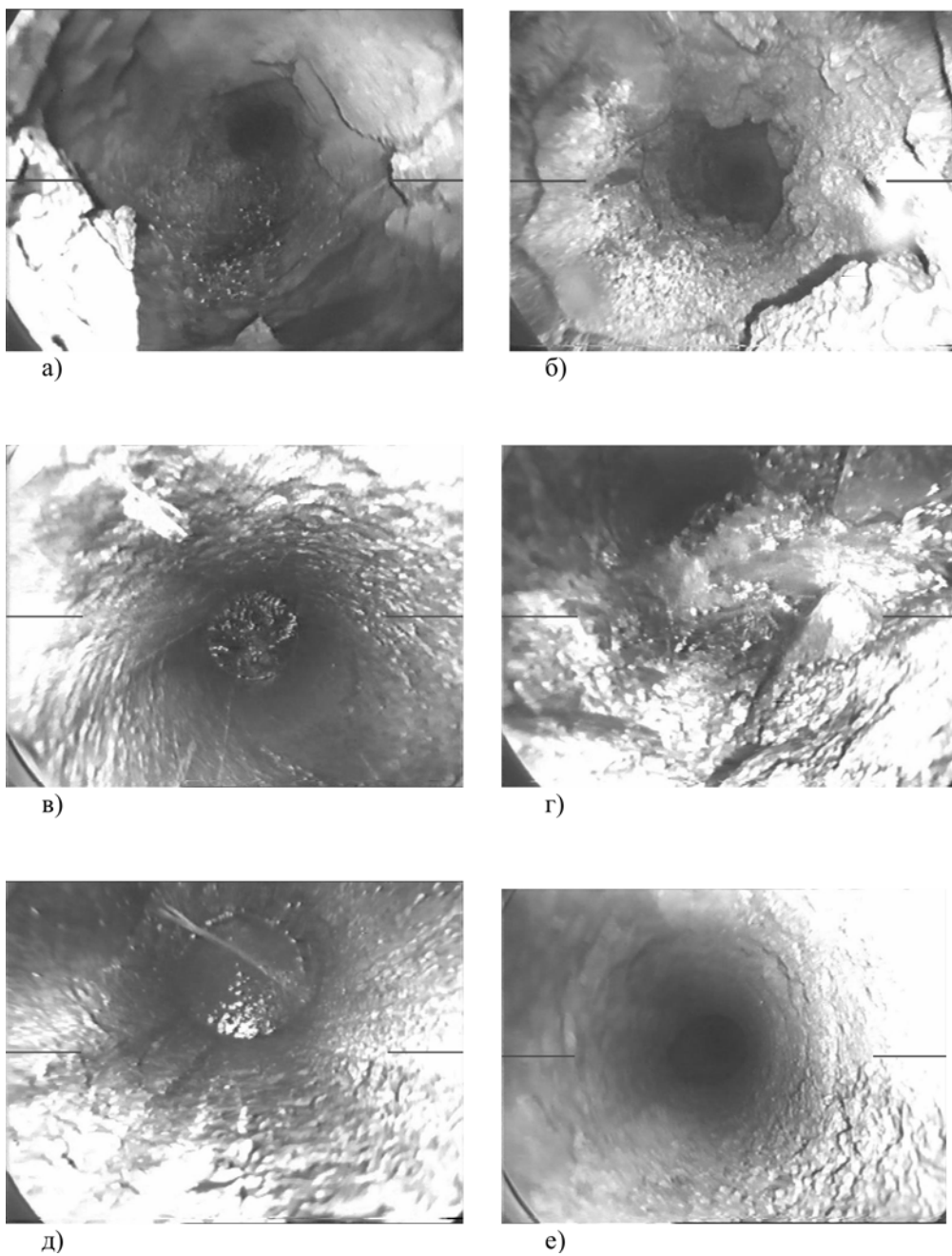
На телевизионной камере размещены источники света 13 и лазерный излучатель 14, направленный в сторону устья скважины. На периферии нижней поверхности нижней кольцевой платформы в точке прямой видимости со стороны лазерного излучателя установлен центральный фотоприемник 15, подключенный к первому управляющему входу блока управления реверсивным двигателем. Лазерный излучатель снабжен оптической насадкой 16, обеспечивающей трансформацию точечной проекции лазерного луча 17 в световую линию 18, проходящую вдоль радиуса нижней кольцевой платформы к центральному фотоприемнику 15. На нижней кольцевой платформе на одной кольцевой образующей с центральным фотоприемником слева и справа от него симметрично размещены левый фотоприемник 19 и правый фотоприемник 20, каждый из которых своей активной частью направлен в сторону лазерного источника, а своим выходом связан с соответствующим управляющим входом блока управления реверсивным двигателем.

В исходном состоянии нижнюю кольцевую платформу устанавливают над устьем исследуемой скважины таким образом, чтобы линия, проходящая через центр указанной платформы и центральный фотоприемник была ориентирована точно в направлении север-юг. Далее в скважину с помощью спускоподъемного устройства опускают телевизионную камеру на заданную глубину, для чего с помощью двигателя приводят во вращательное движение барабан с намотанным на нем кабелем. При этом освещаемые источником света стенки скважины в виде соответствующего изображения воспринимаются телевизионной камерой и далее воспроизводятся приемником телевизионного изображения.

Пока телевизионная камера находится вблизи устья скважины, ее вручную ориентируют таким образом, чтобы лазерный луч, излученный лазером и трансформированный оптической насадкой в световую линию проходил через центральный фотоприемник. Наличие светового сигнала на последнем приводит к появлению электрического сигнала на первом входе блока управления реверсивным двигателем, который при этом остается неподвижным, поскольку ориентация телевизионной камеры 1 соответствует исходной.

При дальнейшем опускании телевизионной камеры возникает ее вращательное движение либо влево, либо вправо от исходного положения, соответствующего направлению светового луча север-юг.

При вращении камеры вправо, то есть по направлению часовой стрелки на рис. 2, б, световая линия, создаваемая лазером с оптической насадкой, также перемещается вправо до тех пор, пока она не пересечет фотоприемник 20. При этом последний выдает на своем выходе электрический сигнал, поступающий на соответствующий управляющий вход блока управления реверсивным двигателем. В результате этот двигатель создает вращательное движение редуктора, передаваемое верхней кольцевой платформе, которая вместе со спускоподъемным устройством, а значит и кабелем начинает вращаться влево до тех пор, пока световой луч не пересечет центральный фотоприемник. При этом сигнал с центрального фотоприемника поступит на первый управляющий вход блока управления, который остановит реверсивный двигатель. И таким образом будет восстановлена исходная ориентация телевизионной камеры, а значит и изображения стенок скважины на телевизионном приемнике.



**Рис. 3. Примеры кадров телесъемки, полученных при помощи лазерной системы ориентации в условиях ОАО “Карельский окатыш”** а) с карстовым нарушением и источником водопритока, б) со значительными карстовыми нарушениями, в) с интенсивным водопритоком с верхних горизонтов, г) с интенсивным водопритоком, д) с локальным источником водопритока, е) без структурных нарушений и водопритока

В случае вращения камеры влево, то есть против направления часовой стрелки на рис. 2, б, световая линия, создаваемая лазером с оптической насадкой, будет перемещаться влево до тех пор, пока она не пересечет фотоприемник 19, который выдаст сигнал на соответствующий вход блока управления реверсивным двигателем. В результате последний создаст вращательное движение редуктора, передающееся верхней кольцевой платформе, которая вместе со спускоподъемным устройством, а значит и кабелем начнет вращаться вправо до тех пор, пока световой луч лазера не пересечет центральный фотоприемник. При этом, как и в описанном выше случае, блок управления остановит реверсивный двигатель, а исходная ори-

ентация телевизионной камеры и изображения на телевизионном приемнике будут восстановлены.

Аппаратура была испытана и подтвердила свои высокие эксплуатационные характеристики и информативные возможности при исследовании взрывных скважин в условиях ОАО «Карельский окатыш» (см. рис. 3), а также при исследовании цементующих скважин на объектах подземного строительства в г. Москве. В частности точность определения ориентации наблюдаемых структурных неоднородностей стенок скважины относительно сторон света, при использовании первого варианта системы ориентации, составила  $\pm 3^\circ$ , а в случае применения второго варианта погрешность ориентации отсутствовала.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Комплексные инженерно-геофизические исследования при строительстве гидротехнических сооружений* //А.И. Савич, Б.Д. Куянджич, В.И. Каптев и др.; Под ред. А.И. Савича, Б.Д. Куянджича. – М.: Недра, 1990. – 462 с.

2. *Шкуратник В.Л., Тимофеев В.В., Ермолин А.А. и др. Телевизионный мониторинг скважин на рудниках Кольского*

полуострова //Горный информационно-аналитический бюллетень, 2009, №2, с. 76-84.

3. *Ермолин А.А., Новиков Е.А., Шкуратник В.Л. Устройство для наблюдения стенок буровой скважины.* – Патент RU 23226243, Оpubл.: 10.06.08, Бюл. изобр. №16. **ПАТ**

#### Коротко об авторах

*Колодина И.В.* – доцент, кандидат технических наук,  
*Новиков Е.А.* – студент,  
*Шкуратник В.Л.* – профессор, доктор технических наук, зав. кафедрой,  
E-mail: ftkp@mail.ru  
Московский государственный горный университет,  
Moscow State Mining University, Russia, [ud@msmu.ru](mailto:ud@msmu.ru)

