

УДК 622.272

*А.С. Вознесенский, В.В. Набатов, Ш. Петерс*

## **СКВАЖИННЫЕ ВИДЕОЗОНДЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЛЯ ЗАДАЧ ГЕОТЕХНОЛОГИЙ**

---

### **С**феры использования, основные параметры

Скважинные видеозонды активно используются для инспекции скважин и шпуров в горном деле, в океанографии, в геологической разведке, видеоинспекции трубопроводов, труб систем водоснабжения и канализации.

Скважинный видеозонд может состоять из следующих компонентов: защищённая прозрачным колпаком видеокамера (одна или две); набор светодиодов для освещения скважины, электромоторы для поворота камер; датчик пути; центрирующее устройство, элементы питания. Подавляющее количество современных видеозондов снабжается телевизионной камерой цветного, реже – черно-белого изображения. Разрешающая способность используемых камер обычно 380 и 450-480 линий на изображение по вертикали или горизонтали (стандарт телевизионного разрешения). Существуют варианты зондов с разрешающей способностью 600 линий.

Диаметры скважин, для которых используют видеозонды можно разделить на три группы: до 50 мм, от 50 мм до 250-300 мм, свыше 300 мм. Часть ограничений связана с диаметром камеры зонда, что влияет на конструктивное его исполнение. Так, например, для диаметров до 50 мм характерна фронтальная

схема установки камеры. Часть с оптическими возможностями.

Перемещение зонда по скважине производится с помощью досельных штанг, есть самоходные варианты зондов. Максимальная глубина, на которую можно проникнуть в скважину, зависит от длины кабеля и может колебаться от десятков метров до нескольких километров. Полный комплекс аппаратуры для скважинной видеоинспекции (видеозонд, кабель, блок управления и регистрирующая аппаратура) может иметь различные габариты: переносные варианты; монтированные на тележке (в том числе на самоходной); монтированные на автомобиле, микроавтобусе или грузовике. Обычно чем на большую глубину скважины рассчитана аппаратура, тем больше транспортные средства. Существенная часть зондов адаптирована для работы под водой и может выдерживать достаточно широкий диапазон давлений.

Некоторая часть использующихся сейчас систем скважинной видеоинспекции работают с аналоговым сигналом и записывают полученные данные на видеоманитофон.

### **Конструктивные исполнения зондов**

В настоящее время наибольшее применение нашли несколько схем конструктивного исполнения видеозондов, представленных на рис. 1-5.

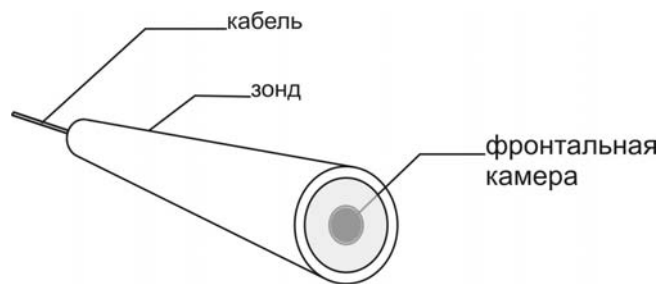


Рис. 2. Боковая схема

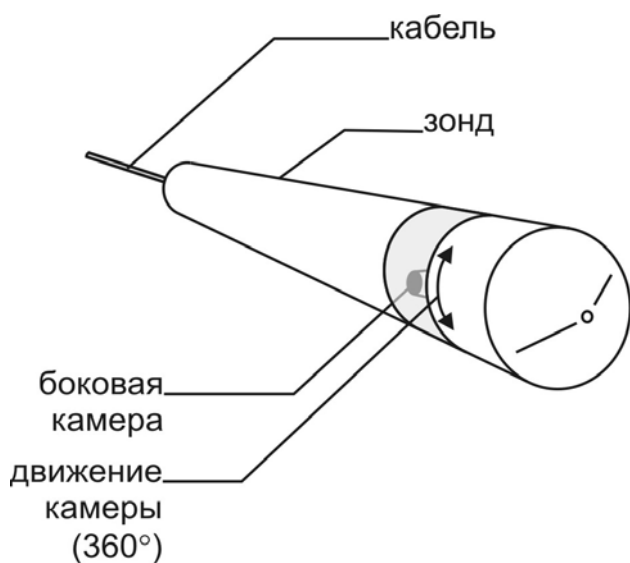
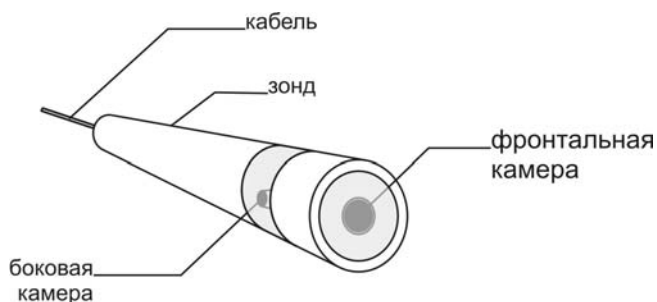


Рис. 3. Комбинированная схема



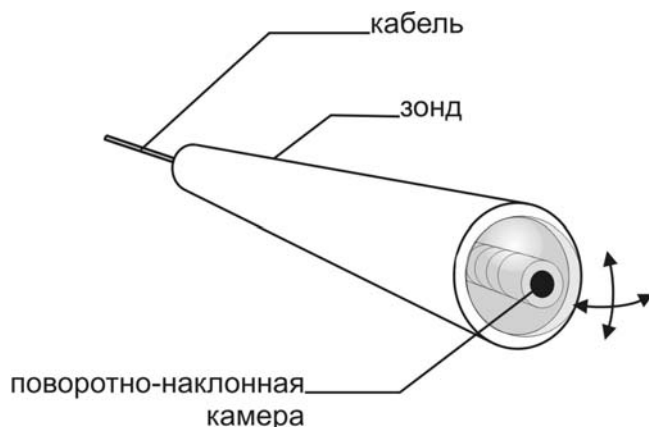
Фронтальная схема (down view camera), представленная на рис. 1, подразумевает размещение объектива камеры во фронтальной части зонда. В результате получается перспективно искажённое изображение, которое можно использовать как в неизменной

**Рис. 1. Фронтальная схема**

форме, так и частично скорректировать перспективные искажения с помощью программного обеспечения. Такая схема использована в видеозондах ТАИС-1 и ТАИС-2 [1], разработанных на кафедре физико-технического контроля процессов горного производства МГГУ под руководством профессора, д.т.н. Шкуратника В.Л.

Боковая схема (side view camera), представленная на рис. 2, подразумевает установку видеокамеры с направлением съёмки вбок, при этом снимается изображение находящейся напротив камеры стенки скважины. Для полного обзора камера снабжается электромотором, обеспечивающим её поворот на 360°. Также разработаны модификации с передачей вращательного движения через досылочные штанги (угол поворота оценивается по транспортеру, расположенному у устья скважины) [2].

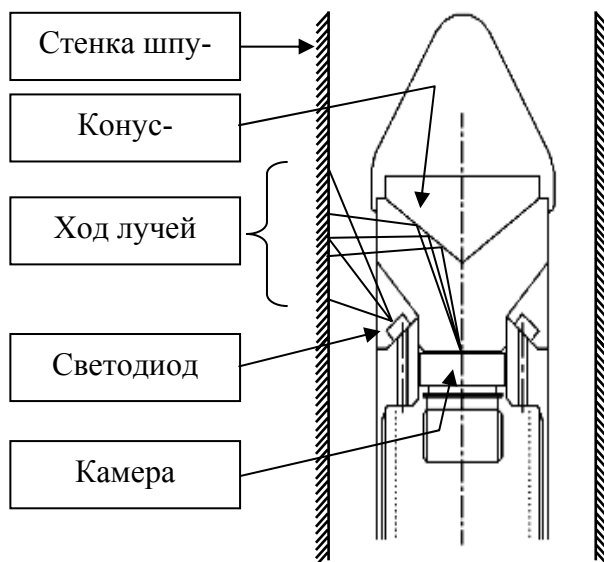
Достоинство фронтальной схемы перед боковой в простоте конструкции - отпадает необходимость использовать электродвигатели (для изменения угла обзора). Это повышает надёжность системы, позволяет конструировать зонды с меньшим диаметром для более узких скважин. Также за один и тот же отрезок времени в слу-



Недостатком фронтальной схемы является невозможность получить неискажённое изображение стенок скважины.

В случае *комбинированной схемы* (рис. 3) в зонд устанавливаются две камеры по боковой и фронтальной схеме. Такой вариант позволяет вести непрерывную съёмку с возможностью рассмотреть в случае необходимости как скважину в перспективе, так и её стенки. Однако этот вариант не решает проблему компактности зонда и еще больше усложняет его конструкцию.

*Поворотно-наклонная схема* (pan/tilt camera) представлена на рис. 4. Камера устанавливается во фронтальной части зонда и защищается от окружающей среды стеклянным колпаком-полусферой. С помощью электромоторов камеру можно вращать в горизонтальной и вертикальной плоскости. Фактически схема представляет собой промежуточный вариант между фронтальной и боковой.



чае фронтальной схемы можно снять все 360° поверхности скважины, в случае же боковой схемы - только ту часть стенки, к которой обращена в данный момент камера. Это исключает или существенно затрудняет возможность съёмки при непрерывном перемещении камеры вдоль оси скважины.

**Рис. 4. Поворотно-наклонная схема**

Существуют как варианты с ограниченным углом поворота [3], так и с углами 0°-90°. Недостаток конструкции в сложности, в относительно больших размерах зонда, в невозможности одновременной съёмки изображения спереди и сбоку.

**Рис. 5. Схема с конусным зеркалом**

Таблица 1  
*Достоинства и недостатки различных конструктивных схем видеозондов*

Номер схемы	Схема	Достоинства	Недостатки
1	фронтальная	простота, надёжность, малый диаметр видеозонда	перспективные искажения получаемой картинки, невозможность прямого наблюдения стенок скважины
2	боковая	возможность наблюдения стенок скважины	невозможность непрерывной съёмки, сложность конструкции
3	комбинированная (фронтальная + боковая)	возможность одновременно и фронтальной съёмки и наблюдения стенок скважины	сложность, невозможность непрерывной съёмки в стенку скважины
4	поворотной-наклонная	возможность фронтальной съёмки и наблюдения стенок скважины	сложность, невозможность непрерывной съёмки в стенку скважины
5	с конусным зеркалом	простота, надёжность, малый диаметр видеозонда, возможность боковой непрерывной съёмки, возможность проведения точных количественных измерений по полученным изображениями развёртки скважины	невозможность общего фронтального обзора в процессе съёмки

Разработана также *схема с передачей изображения на конусное зеркало*, представленная на рис. 5 [4]. Свет от стенок скважины попадает на смонтированное соосно с зондом конусное зеркало, которое передаёт изображение на находящуюся за ним камеру. Такой вариант схемы бокового обзора позволяет отказаться от движущихся деталей и электромоторов, что повышает надёжность системы и позволяет сократить диаметр зонда (диаметр опытного образца - 23 мм). Также подобное решение позволяет снимать всю поверхность скважины по окружности и производить непрерывную съёмку боковой поверхности при перемещении видеозонда вдоль оси шпура. Разрабатываемый образец имеет возможность проведения точных количественных измерений по полученным изображениям стенок скважины.

В случае двухкамерной комбинированной конусно-фронтальной схемы можно, не увеличивая диаметр зонда, получать и картинку перед ним.

На практике наиболее распространены фронтальная и комбинированная схемы. Реже встречается поворотной-наклонная схема. Схема с конусным зеркалом находится в стадии разработки. Комбинированная конусно-фронтальная схема пока не разрабатывалась и не имеет опытных образцов.

Сравнительная характеристика различных схем приведена в табл. 1.

Данные устройства разрабатываются и выпускаются практически во всех промышленно развитых странах.







По имеющимся сведения конусная схема применяется в разработках Германии и России.

Сравнительная характеристика различных видеозондов представлена в табл. 2.

Выводы

1) В настоящее время основными являются 4 схемы скважинных видеозондов: (фронтальная, боковая, комбинированная, поворотной-наклонная), каждая из которых обладает определенными достоинствами и используется для решения различных задач.

2) Получить достоверные количественные оценки параметров структур, получаемых из снятых изображений (ориентация и раскрытие трещин и т.д.), в наибольшей степени позволяет схема с коническим зеркалом.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Телевизионная аппаратура для исследования скважин (ТАИС): [Электронный документ]. (<http://www.science.msmu.ru/01/instruments/1/301.html>). Проверено 08.06.2007.
2. Опарин В.Н., Востриков В.И., Акинин А.А., Татсиев А.П., Бадмиев Б.П., Бабкин Е.А. Видеокаротажный зонд // ФТПРПИ, №6, 2006, с. 119-123.
3. Сайт компании Hytec: [Электронный документ]. (<http://www.hytec.fr>). Проверено 10.06.2007.
4. Петерс Ш. Скважинный видеозонд для оценки строения пород кровли при подземной добыче каменного угля// ГИАБ, №7, 2007, с. 194-201.
5. Сайт компании Ольмакс: [Электронный документ]. (<http://www.rothenberger.ru>). Проверено 10.06.2007.
6. Сайт компании CUES: [Электронный документ]. (<http://www.cuesinc.com>). Проверено 10.06.2007.
7. Сайт компании Cobra Technologies: [Электронный документ]. (<http://www.cobratec.com>). Проверено 10.06.2007.
8. Сайт компании GISCO: [Электронный документ]. (<http://www.giscogeo.com>). Проверено 10.06.2007.
9. Сайт группы компаний MREL: [Электронный документ]. (<http://www.mrel.com>). Проверено 10.06.2007.
10. Сайт компании Welltech Instrument: [Электронный документ]. (<http://www.boreholecamera.com>). Проверено 10.06.2007.
11. Сайт компании Тарис: [Электронный документ]. (<http://www.taris.ru>). Проверено 10.06.2007.
12. Сайт компании Laval Underground Surveys: [Электронный документ]. (<http://www.lavalunderground.com>). Проверено 10.06.2007.
13. Сайт корпорации Halliburton: [Электронный документ]. (<http://www.halliburton.com>). Проверено 10.06.2007.
14. Сайт компании Robertson Geologging Ltd: [Электронный документ]. (<http://www.geologging.com>). Проверено 10.06.2007.
15. Сайт компании Auslog Pty Ltd: [Электронный документ]. (<http://www.auslog.com.au>). Проверено 10.06.2007. **ГИАБ**

### Коротко об авторах

Вознесенский Александр Сергеевич – доктор технических наук, профессор,  
Набатов Владимир Вячеславович – кандидат технических наук, доцент,  
кафедра «Физико-технический контроль процессов горного производства», Московский государственный горный университет,

Штефан Петерс - дипломированный геолог, руководитель подразделения инженерной геологии в горном деле отделения "Геология и скважинная геофизика" фирмы "Немецкие горные технологии" (DMT), Эссен, Германия.

Статья представлена кафедрой «Физико-технический контроль процессов горного производства» Московского государственного горного университета.

Рецензент д-р техн. наук, проф. В.Л. Шкуратник.



