

УДК 622.1:622.241.54

ОБЗОР МЕТОДОВ МАРКШЕЙДЕРСКОГО КОНТРОЛЯ ПРИ БЕЗЛЮДНОЙ ПРОХОДКЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ

Беженцев В. И., Дроздова Н. А.
(УкрНИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

На підставі аналізу методів контролю вертикальності шахтних стволів, які проходяться бурінням, встановлено, що найбільш часто використовувані у вітчизняній практиці геометричні методи забезпечують точність проходки, достатню для використання стволів лише другорядними.

Based on the analysis of methods to inspect straightening of mine shafts deepened by drilling it is determined that geometrical methods most frequently used in the national practice ensure sinking operation accuracy sufficient for employing shafts as only secondary ones.

В Украине для бурения стволов используют установки УЗМТ-7.5, 8.5 и РТБ, основанные на принципе сплошного разбуривания породы шарошками по всему забою ствола, заполненного буровой жидкостью. Бурение начинают с передовой пилот-скважины глубиной на 10 м больше проектной, необходимой для последующего расширения. По окончании бурения полным сечением возводят постоянную крепь секционным способом. В ствол на бетонную подушку опускают фиксирующее звено крепи. На него последовательно наращивают секции высотой 15–20 м. Закрепное пространство по всей высоте заполняют цементным раствором.

В основу современных методов проверки вертикальности бурения шахтных стволов положен общий принцип определения углов отклонения оси ствола от вертикали и дирекционных углов,

позволяющих ориентировать направление оси искривленного участка. В зависимости от способа измерения этих углов различают геометрические и физические методы контроля. При геометрическом методе угол отклонения оси ствола от вертикали измеряют между тросом, соединяющим центры ротора и бурового снаряда, и отвесной линией, проходящей через центр шейки ствола. Физические методы контроля основаны на использовании таких эффектов, как гироскопический, гравитационный, инерциальный, с автоматической регистрацией полученной информации.

Построенная по изложенному выше принципу классификация современных методов определения искривлений шахтных стволов и скважин большого диаметра приведена на рис. 1.

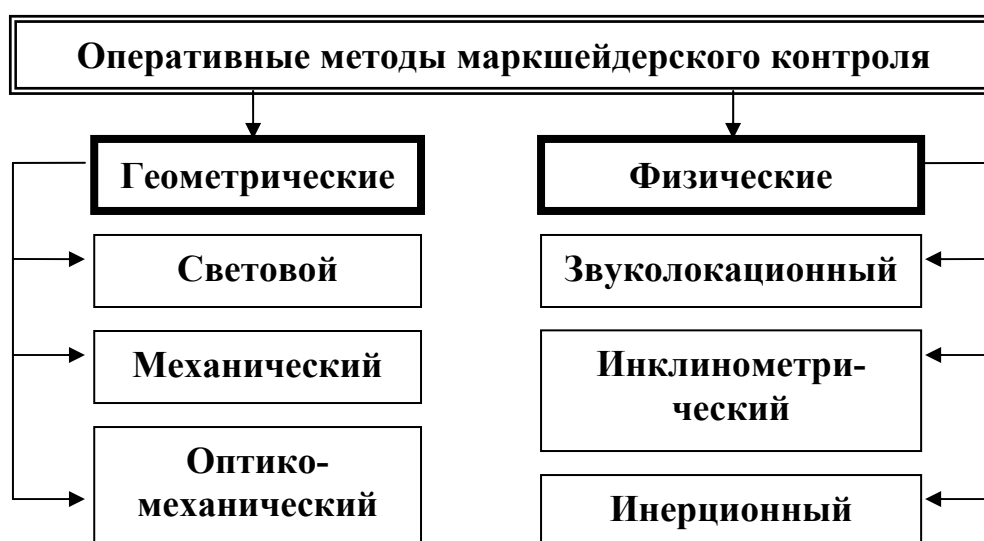


Рис. 1. Безлюдные методы маркшейдерского контроля проходки вертикальных стволов бурением

В Украине искривление оси ствола при бурении измеряют в основном геометрическими методами, а размеры и форму горизонтальных сечений и состояние породных стенок ствола снимают звуколокационной аппаратурой.

Геометрические методы подразделяют на световые, механические и оптико-механические.

По данным ВНИМИ способ с применением светового сигнала был использован в 1958 году на шахтах № 5 и № 9 Львов-

ско-Волынского бассейна во время бурения стволов УЗТМ-6,2. Принцип измерений заключался в наблюдении прибором ПН-1 светового сигнала от аккумуляторной лампы, опускаемой на тросе в буровую колонну, освобожденную от пульпы. Недостатками такого способа является большая трудоемкость и продолжительность подготовительных операций (шесть смен), плохая видимость сигнала на глубине свыше 200 м.

При изготовлении мощной буровой установки УЗТМ-8,75, предназначенной для бурения стволов диаметром в проходке 8,75 м на глубину до 800 м, разработан комплект устройств для проверки вертикальности ствола механическим и оптико-механическим способами. Измерения производят на участке между ротором и точкой входа троса в буровую колонну. В оптико-механическом способе отклонение троса от вертикали определяют с помощью проектира направления, установленного над центром ротора. При механическом способе проектируют отвесом центр ротора на верхний торец буровой колонны. Глубину ствола определяют по длине ведущей трубы и бурового снаряда. Данные методы контроля позволяют производить измерения в условиях заполненности буровой колонны раствором. Продолжительность проверки – одна смена.

Вышеперечисленные устройства имеют ограниченное применение. Они приспособлены к тому или иному типу буровых установок, малопродуктивны и неэффективны при глубине более 300 м. В дальнейшем был разработан прибор ПМ-4, позволяющий контролировать вертикальность направления бурения стволов и скважин большого диаметра для всех действующих буровых установок до глубины 1000 м.

Проекциометр ПМ-4 представляет собой комплекс механических устройств (рис. 2) [1].

На поверхности маркшейдеры контролируют соосность ведущей трубы, ротора и форшахты теодолитами с осевых пунктов, расположенных на взаимно перпендикулярных осях. В случае потери осевых пунктов или отсутствия видимости между ними, могут производить измерения устройством «Вегор» [2]. Смещение центра ротора относительно центра форшахты допускается не более 20 мм [1].

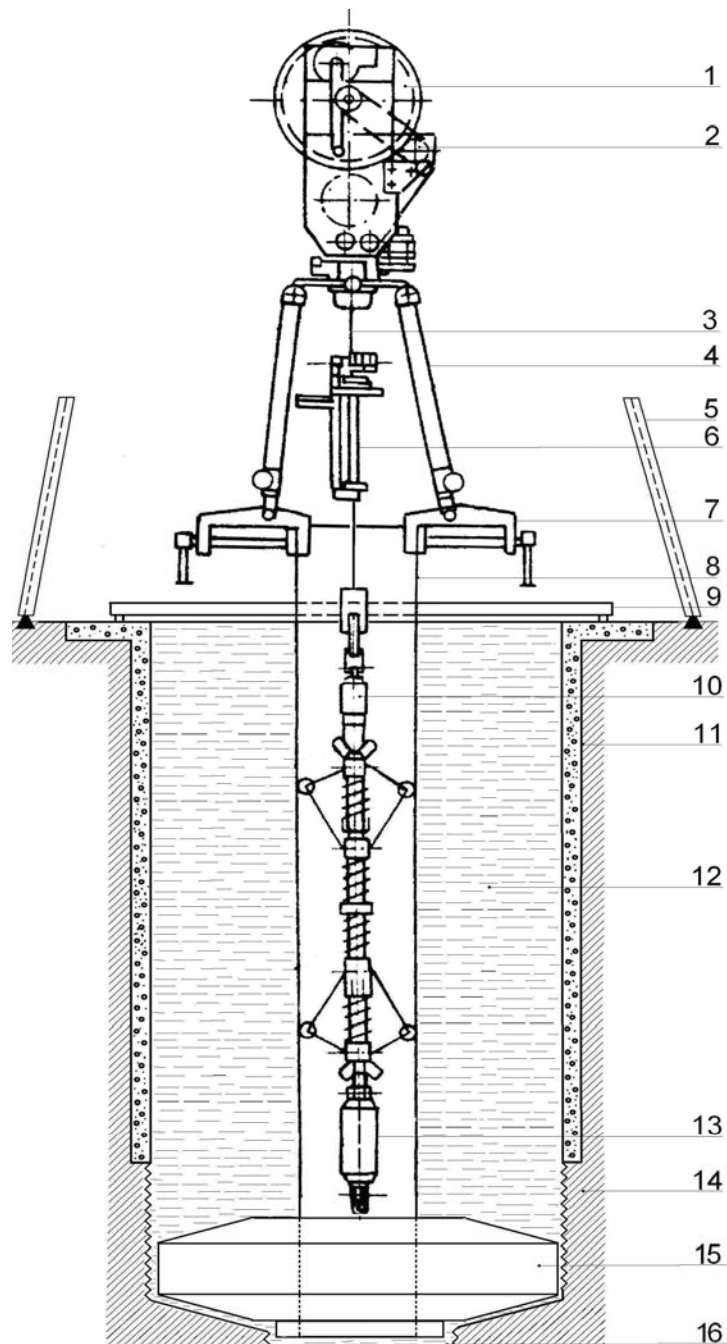


Рис. 2. Проекциметр ПМ-4: 1 – бобина; 2 – счетчик глубины; 3 – трос; 4 – тренога; 5 – буровая вышка; 6 – датчик вертикали; 7 – башмак; 8 – буровая колонна; 9 – раздвижная платформа; 10 – центрирующее устройство; 11 – шейка ствола; 12 – буровая жидкость; 13 – дополнительный груз; 14 – породная стенка ствола; 15 – буровой снаряд; 16 – пилот-скважина

Измерение отклонения оси ствола от вертикали производят при наращивании труб буровой колонны. ПМ-4 устанавливают на торце буровой трубы и опускают центрирующее устройство и дополнительный груз по колонне до бурового снаряда. Под бобинной на тросе закрепляют датчик вертикали (микрометрический уровень). Наблюдения за положением центра бурового снаряда в забое производят относительно осей шейки ствола через интервалы 90° , 180° и 270° . Среднее арифметическое из четырех приемов наблюдений соответствует центру контролируемого сечения. Допустимое отклонение оси буровой колонны от вертикали – 0,001 ее длины, согласно технической характеристике завода-изготовителя и инструкции [3]. Необходимое время для проверки вертикальности буровой скважины, например глубиной 440 м, составляет около одного часа. На рис. 3 показаны графики дополнительной съемки буровой колонны проекциометром ПМ-4.

Геометрический метод контроля вертикальности бурения стволов применялся и за рубежом. Например, известна методика измерения кривизны двух стволов шахты «Беатрикс» в Голландии, проводимых роторной установкой Хонигмана до глубины 530 м и диаметром 7,65 м, с точностью измерения 30 мм; в Германии - на руднике им. Бернарда Кена - при проходке вентиляционного ствола диаметром 3 м и глубиной 560 м. Отклонение от оси ствола на глубине 400 м составило около 800 мм.

Из физических методов контроля наиболее широкое распространение получили: звуколокационный, инклинометрический и инерционный. Звуколокационная станция «Донецк» была разработана в 1960 г. кафедрой маркшейдерского дела ЛГИ в процессе исследований, направленных на применение электроакустики в маркшейдерских работах, и предназначена для съемки стенок шахтных стволов, заполненных промывочной жидкостью [4]. Станция представляет собой импульсный ультразвуковой локализатор, определяющий контуры горизонтального сечения ствола. Прибор состоит из двух основных частей: пульта управления, размещенного в аппаратном отсеке каротажной машины, и измерительного снаряда, опускаемого на каротажном кабеле через блок-баланс в ствол.

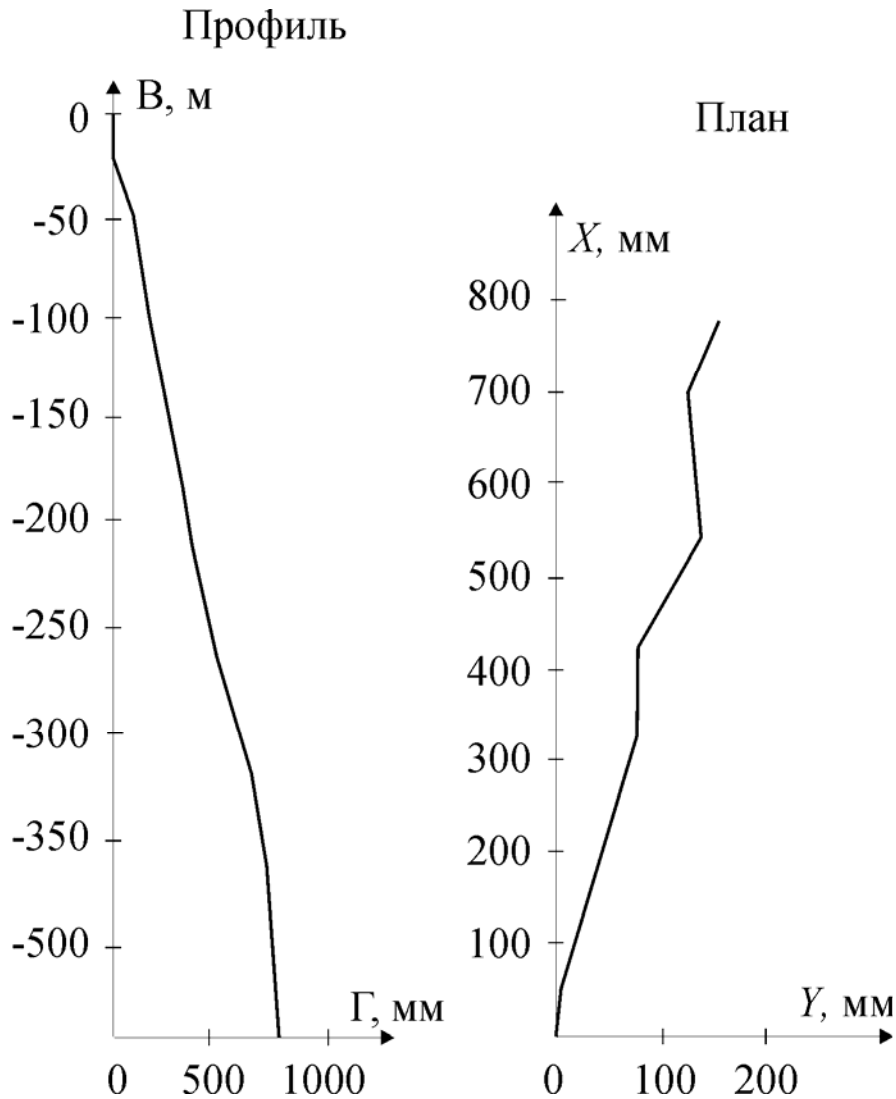


Рис. 3. Исполнительная съемка буровой колонны проекцио-
метром ПМ-4: В – проектная вертикальная ось сква-
жины; Г – горизонталь; 1 и 2 – фактическое положе-
ние оси буровой колонны соответственно в верти-
кальном и горизонтальном сечениях; X, Y – коорди-
натные оси

Для горизонтальной съемки каждого сечения измеритель-
ный снаряд опускается на требуемый горизонт, и после успокое-
ния его колебаний включается запись. Ошибка измеренных рас-
стояний составляет $\pm 2\%$ от измеренной длины, а магнитной ори-
ентации сечения $\pm 3^\circ$.

Станция «Донецк» использовалась в тресте «Спецшахтобурение» для определения состояния стенок стволов, проходимых РТБ, диаметром до 6 м.

Дальнейшее развитие звуколокационного способа контроля привело к созданию станций «Шахтер» (1973 г.) и «Колибри» (1979 г.), которые дали возможность получения горизонтального и вертикального сечений ствола по двум взаимно перпендикулярным профилям.

Известны случаи применения звуколокационного способа контроля за положением стенок ствола и в зарубежной практике. В Германии при бурении ствола на руднике им. Бернарда Кена непрерывный контроль проведения ствола до глубины 250 м осуществляется ультразвуковым зондом, путем замера радиальных расстояний от зонда до стенок ствола через интервалы по направлению, равные 3° . Средняя квадратическая ошибка измерений при этом составила $\pm 2\%$ от измеренного расстояния.

Инклинометрический способ контроля вертикальности стволов нашел применение за рубежом. Он позволяет получать первичную информацию в стволе или скважине, в частности в буровой колонне, и передавать ее по канату связи «забой-устье». Инклинометрическая система состоит из шахтного прибора и наземной аппаратуры, обработки и регистрации данных измерений. Шахтный прибор содержит датчики первичных параметров, в частности зенитного угла и азимута.

Для определения координат центра контролируемого сечения инклинометр прокатывают по буровой колонне с поверхности до бурового снаряда и обратно. После обработки результатов съемки колонны определяют координаты центра бурового снаряда, которые принимают за центр контролируемого сечения. Находят применение встроенные инклинометры (в буровой снаряд, или нижнюю часть специальной буровой трубы). Они снабжены гироскопическим стабилизатором азимутального направления и выпускаются международной фирмой «Истмен Интернейшенл Компани». На съемку скважины глубиной 1000 м затрачивают около одного часа. Прибор оборудован автоматическим устройством, печатающим координаты точек оси скважины и ее азимут в процессе съемки. Точность измерения, согласно техническим

характеристикам завода-изготовителя, соответствует 0,0001 глубины ствола.

Инерциальные системы (ИС) предназначены для определения координат движущихся объектов. Эти системы основаны на известном законе динамики Ньютона и свое название получили по названию координат, движущихся в пространстве равномерно и прямолинейно. При неравномерном движении или вращении относительно этих координат появляются силы инерции, которые измеряют инерциальные датчики. ИС применяются в Германии, Канаде и США для контроля стволов при проходке и эксплуатации.

Некоторые результаты оперативного контроля вертикальности стволов, пройденных бурением в Украине, РФ и странах Евросоюза, приведены в таблице 1.

Таблица 1
 Характеристика стволов, пройденных бурением

Шахта	Буровая установка	Диаметр ствола, м	Глубина ствола, м	Отклонение ствола от вертикали, м	Оперативный способ контроля
1	2	3	4	5	6
«Новгородовка»	ЛЗ5	4,0	475	0,50	Отсутствует
«Шахтерская-Глубокая»	РТБ	2,6	900	2,00	Отсутствует
«Кременная-Западная»	РТБ	3,6	470	0,82	Отсутствует
№ 27/35-5 (скиповой ствол), «Павлоград-уголь»	УЗМТ-8,75	7,5	304	0,25	Механический (ПМ-4)
№ 18, «Основная»	РТБ	2,1	205	1,10	Отсутствует

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
«Нововолынская» № 5	УЗМТ-6,2	6,2	218	0,32	Оптический
№ 4-21 «Донецкуголь» (до исправления кривизны)	УКБ-3,6	3,6	101	1,00	Отсутствует
№ 4-21 «Донецкуголь» (после исправления кривизны)	УКБ-3,6	3,6	503	0,30	Оптический
«Горняк»	РТБ	4,0	440	0,70	Отсутствует
«Родинская»	Л-35	4,0	505	0,45	Механический (ПМ-4)
«Аютинская», Россия	РТБ	2,6	530	3,00	Отсутствует
«Беатрикс», Голандия	Хонигмана	7,6	530	0,10	Механический
«Анджей УП», Польша	Хонигмана	7,6	530	0,10	Механический
«София-коба», Болгария	Хенигнаса	4,6	410	0,14	Гироскопический

ВЫВОДЫ

Маркшейдерский контроль проходки стволов бурением осуществляют в основном геометрическими методами и приборами, разработанными ВНИМИ. Нормативный допуск отклонения вертикальности оси ствола от проекта, установленный инструкцией [3] и заводом-изготовителем, составляет 0,001 его глубины. Это, согласно действующему нормативу, дает возможность использовать стволы, пройденные бурением, лишь для общешахтной вентиляции.

В развитых горнодобывающих странах в настоящее время вертикальность стволов, проходимых бурением, контролируют только физическими методами, с точностью измерения 0,0001 их глубины. Это дает возможность эксплуатировать стволы как общешахтные, многофункциональные выработки, оборудованные подъемными установками с жесткой армировкой, загрузочными и разгрузочными устройствами.

СПИСОК ССЫЛОК

1. КД 12.06.203-2000 Маркшейдерские работы на угольных шахтах и разрезах. Инструкция: Утв. Минтопэнерго Украины 12.12.00. – Донецк: Изд-во «АЛАН», 2001. – 264 с.
2. Пат. 30836 Украины, МКИ (2006) E 2107/00. Устройство «Ве-гор» для проверки подъемного оборудования шахт / Д.А. Беженцев, В.И. Беженцев, М.Г. Тиркель. № U 200713508; Заявл. 03.12.2007; Опубл. 11.03.2008, Бюл. № 5.
3. РД 07-603-03 Инструкция по производству маркшейдерских работ: Утв. Госгортехнадзор России 06.06.03. – Россия: издание официальное «Госгортехнадзор России», 2004. – 118 с.
4. Аранович В.Б., Чумак В.К. Ультразвуковой локатор «Донецк» // Изд. высш. учеб. завед. Горн. журнал – 1970, № 11, С.13 – 17.