

УДК 622.258

**В.В. Левит, С.В. Боршевский, А.Ю. Прокопов**

## **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ БУРЕНИЯ ШАХТНЫХ СТВОЛОВ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА**

*Проанализированы перспективы строительства вертикальных стволов способом бурения. Предложена принципиально новая технология проходки стволов, в условиях, где раньше применялись только спецспособы — комбинированный способ сооружения стволов с учетом зарубежного опыта.*

*Ключевые слова:* угольная отрасль, полезные ископаемые, вентиляция, уголь.

---

**В** условиях экономического кризиса в Украине, при существующих ограниченных запасах газа и нефти, наряду с далекой перспективой использования альтернативных источников энергии, подтверждают необходимость инвестирования средств в интенсификацию добычи угля. Развитие угольной отрасли требует запуска новых лав, а для их проветривания и обслуживания необходимо быстро, качественно и с минимальными затратами проходить шахтные стволы различного диаметра и назначения.

В настоящее время проходка шахтных стволов практически любого диаметра и глубины ведётся буро-взрывным способом. Наряду с отработкой технологии проходки, важной методологической задачей, позволяющей определить критический путь строительства, является унификация сооружения и назначения капитальных вертикальных вскрывающих выработок. Анализ различных обзорных и научных работ показывает, что при определении названия вертикальных горных выработок: шахтный ствол, скважина большого или малого диаметра, устье ствола, шурф и пр. в основу положены их геометрические параметры и назначение выработки. Глубина шахтного ствола в зависимо-

сти от назначения или глубины залегания полезного ископаемого может быть различной и не является определяющей характеристикой.

Вертикальные горные выработки диаметром в свету от 1,8 до 4,2 м практически могут быть использованы для тех же целей, что и стволы большего сечения. Будучи вспомогательными стволами, они служат для спуска и подъёма людей, вентиляции, транспортировки породы, полезного ископаемого, материалов и оборудования бадьями или специально разработанными сосудами (клетями). Специалистами НИИОМШСа и ГХК «Спецшахтобурение» предложено называть такие выработки **стволами малого диаметра**.

При таком подходе способ проходки не имеет значения для дальнейшей эксплуатации, что и подтверждается на практике. Однако, при отсутствии необходимости в большом диаметре вскрывающей выработки, ее сооружение целесообразно, а иногда и безальтернативно, путем бурения, преимущества которого достаточно освещены в литературе [1]. Сегодня многие шахты Донбасса обслуживаются через пробуренные и закреплённые трубами стволы и скважины с помощью специально разработанных клетей.

Таблица 1

**Классификация вертикальных горных выработок по диаметру и назначению**

<b>Горные выработки</b>	<b>Диаметр выработки, мм</b>	<b>Назначение</b>
Стволы большого диаметра (главные)	4000—9000	Спуск и подъём людей, оборудования, материалов. Подъём породы и полезного ископаемого, транспортировка воды и сжатого воздуха по трубопроводам, прокладка кабельных линий энергоснабжения и связи и т.п.
Стволы малого диаметра (вспомогательные)	1800—4200	То же, доступ непосредственно к полезному ископаемому
Скважины большого диаметра	400—1700	Вентиляция, прокладка трубопроводов водоотлива, сжатого воздуха, дегазации, циркуляции хладоносителя, размещения кабелей электроснабжения и связи; использование в качестве кондукторов глубоких и сверхглубоких скважин при бурении на нефть и газ.
Устья стволов и скважин большого диаметра	700—10000	Перекрытие мягких, неустойчивых, обводнённых пород и плытунов, размещение бура и приданье ему направления
Шурфы	600—1600	Водоснабжение, мелиорация, вентиляция, разработка месторождений полезных ископаемых, отбор проб, размещение зарядов ВВ; инженерно-геологические изыскания при строительстве промышленных, гражданских, культурных и бытовых сооружений.

Таблица 2

**Значения синтезированной скорости проходки для различных стволов  
(данные ГОАО «Трест Донецкшахтпроходка»)**

Шахта, ствол	Параметры ствола, м		Продолжительность этапов сооружения стволов, мес.						Синтезированная скорость ( $V_{CH}$ )
	Диаметр в свету	Глубина	Общая	Оснащение	Устье	Техотход	Протяженная часть ствола	Сопряжение	
«Заря», вентиляционная №2	6,5	831,6	182	14	2	2	156	10	4,52
«Белозерская», главный	7,0	564,6	206	41	2	10	136	17	2,74
«Красноармейская-Западная №1», ВПС-1	8,0	861,3	41	11	1	9	16	4	21,0
Им. Засядько, ВПС-2	7,0	1263,0	30	8	1	3	12	6	42,10
Им. Засядько, BBC-2	6,5	1022,0	35	14	1	3	14	3	29,20
Им. Засядько, BBC-3	7,0	1222,0*	33	12	1	10	10	-	37,03

Таким образом, имеющиеся различные классификации, с учетом назначения выработок, можно свести в табл. 1.

Принимая во внимание определенную условность этой, как и любой

другой классификации, отметим, что наличие подъемной машины на поверхности и, как следствие, использование вертикальной выработки для выдачи людей и материалов, позво-

ляют определить ее как ствол независимо от способа проходки и конструкции крепи.

При современном состоянии дел в капитальном строительстве темпы проходки стволов буровзрывным способом опережают темпы их бурения. Скорость проходки отдельных стволов при БВР не такая уж высокая. Это, в первую очередь, связано с длительностью оснащения стволов и поверхности для проходки (11—41 мес.), а во вторую, с затруднениями при проходке устья и техотходов из-за необходимости укрепления неустойчивых пород до возведения постоянной крепи в верхней части стволов, в отдельных случаях до глубины 100—150 м. При этом сроки прохождения начальных метров даже на скоростных проходках составляют от 4-х до 12 мес., а синтезированная (истинная) скорость может снизиться до 3 м/мес. [2].

Проходка верхней части ствола осуществляется в основном в неустойчивых, малой крепости породах, зачастую обладающих пылевыми свойствами.

Рассмотрим физико-механические свойства пород верхнего слоя. В Донбассе до глубины 50—100 м, а иногда и более в строении геологического разреза принимают участие отложения: четвертичные, представленные лессовидными суглинками и песками, залегающими среди глин и суглинков.

Неогеновые представлены песками с примесью пылеватых и глинистых частиц и глинами различного цвета; палеогеновые, сложенные мелко и тонкозернистыми кварцевыми песками, которые часто насыщены водой и обладают свойствами пылевунов, алевролитами, аргиллитами. Характерным для Донбасса является большая изменчивость литологического состава в вертикальном разрезе.

Значение пределов прочности при сжатии и расширении, влажности, пористости пород изменяются в широких пределах, что связано с их неоднородностью, обусловленной строением, изменчивостью по площади литолого-петрографических и текстурных особенностей, высокими реологическими свойствами.

Во всех стратиграфических комплексах проходимых пород могут находиться несколько водоносных горизонтов (часто на глубинах 5—15, 60—80, 95—140 м и глубже) различной мощности и водообильности.

Водосодержащие породы неогенового возраста представлены мелкозернистыми глинистыми песками мощностью 10—40 м. Часто нижняя часть песков мощностью от 5 до 15 м обводнена и может обладать пылевыми свойствами. Водообильность отложений составляет — 0,05—0,7 л/с.

Водоупорами обычно служат слои глинистых пород, также малой прочности. С глубиной водообильность пород карбона уменьшается, что связано с затуханием открытой трещиноватости в песчаниках и известняках.

Всё это обуславливает сложность проходки верхнего слоя неустойчивых пород, как одного из факторов, замедляющего скорость сооружения стволов в целом.

Для прохождения стволов в этой зоне используются спецспособы, основными из которых являются методы заморозки, тампонажа и использование опускной крепи. Отметим, что проходка с использованием этих технологий дорога, требует специального оборудования, не гарантирует отсутствие остаточных притоков в ствол при его эксплуатации.

Основными недостатками **заморозки** являются большие первоначальные капиталовложения (до 15 млн грн) и увеличение сроков строи-

тельства (до 2-х лет), что также приводит к увеличению стоимости. Процессы оттаивания ледопородного целика труднопрогнозируемые и управление ими требует дополнительных мероприятий и средств. Заморозка предполагает использование дорогой тюбинговой (чугунной или железобетонной) крепи. Область применения способа заморозки практически не ограничена, однако имеются трудности при засоленных водах. Трудно замораживать фильтрующие подземные воды. Так, если скорость подземных вод больше 80 м/сут., этот способ не применим.

**Тампонаж** целесообразно применять в скальных трещиноватых или крупнопористых водоносных породах. Учитывая геологические свойства вскрытых пород Донбасса, можно утверждать, что тампонаж мало эффективен.

**Опускная крепь** эффективна при пересечении водоносных пород мощностью 8—20 м. При этом глубина залегания кровли водоносных пород от поверхности земли не должна превышать 30 м; должны отсутствовать включения твердых пород, размером в поперечнике превышающие 100 мм; мощность подстилающего водоупорного слоя должна быть больше 3 м; напор подземных вод не более 15 м. Максимальный уровень погружения составляет 60 м. Основными недостатками способа являются: возможное отклонение от вертикали; образование пустот за стенами опускной крепи; значительная трудоёмкость работ; возможное заклинивание крепи; низкая скорость проходки — 5—15 м/мес.

Таким образом, в настоящее время нет универсальных для всех пород эффективных скоростных специальных способов проходки стволов в верхней их части.

В тоже время указанные геологические затруднения не являются таковыми при бурении стволов. Неустойчивость пород компенсируется параметрами специально подобранных буровых растворов, повышенные водопритоки при бурении не имеют большого значения, конструкция традиционной металлобетонной крепи гарантирует водонепроницаемость оболочки ствола на десятки лет.

Как и любая другая технология, бурение имеет свои недостатки: ограничение по крепости проходимых пород (до 10—12 по шкале проф. Протодьяконова), возможные отклонения по вертикали, особенно на крутом залегании, отсутствие доступа к забою, что затрудняет контроль.

В рыночных условиях бурение стволов имеет и ряд преимуществ. Возможность быстрого разворота работ связана с низкими требованиями к благоустройству в начальном периоде строительства и модульной конструкцией буровых установок. Требуемая, по сравнению с буро-взрывным способом, малая энергоемкость (до 1000 кВт) позволяет начать работы на временном энергоснабжении. Малое количество людей (до 40 чел) упрощает бытовое обустройство.

Такой способ позволяет сравнительно быстро сооружать стволы требуемой вертикальности, но эффективен только в породах до 5—6 категории по буримости. В более крепких породах скорость бурения резко снижается из-за отсутствия надежного породоразрушающего инструмента большого диаметра, способного выдерживать значительные осевые нагрузки.

Напомним, что породы подобной крепости встречаются, в основном, на глубинах более 200 м.

В настоящее время шахтостроители Донбасса бурят стволы диаметром 2—4,2 м установками типа L-35 фирм-

фирмы «Вирт» (роторное бурение) или «Уралмаш-4Э»(реактивно-турбинный способ).

Исходя из изложенного нами, с целью повышения эффективности сооружения шахтных стволов, предлагается принципиально новая технология проходки стволов, в условиях, где раньше применялись только спецспособы. Это комбинированный способ сооружения стволов [3, 4] с использованием преимуществ бурения и буровзрывных работ. Суть способа заключается в пространственном и временном совмещении двух технологий.

Интервал до глубины 100—150 м в неустойчивых мягких породах и средней крепости проходится буровыми установками с помощью фазового бурения (рис. 1), а дальше по крепким породам используется традиционный буровзрывной способ.

Пробуренный интервал неустойчивых пород крепится сталебетонной крепью, секции которой стыкуются в устье ствола и опускаются на плаву (рис. 2). После спуска «стакана» в основании или вверху его сооружается опорный башмак, а сферическое днище демонтируется.

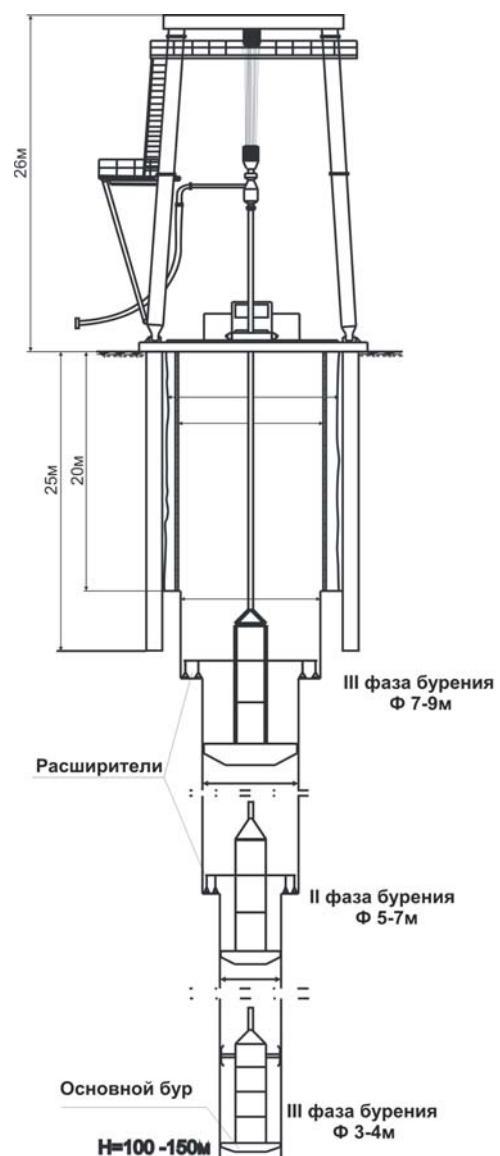
В период бурения на поверхности готовятся секции-кольца указанного типа крепи (рис. 3).

Данная технология позволит «уйти» от дорогих спецспособов проходки, отказаться от чугунных тюбингов, обеспечить водоизоляционную крепью.

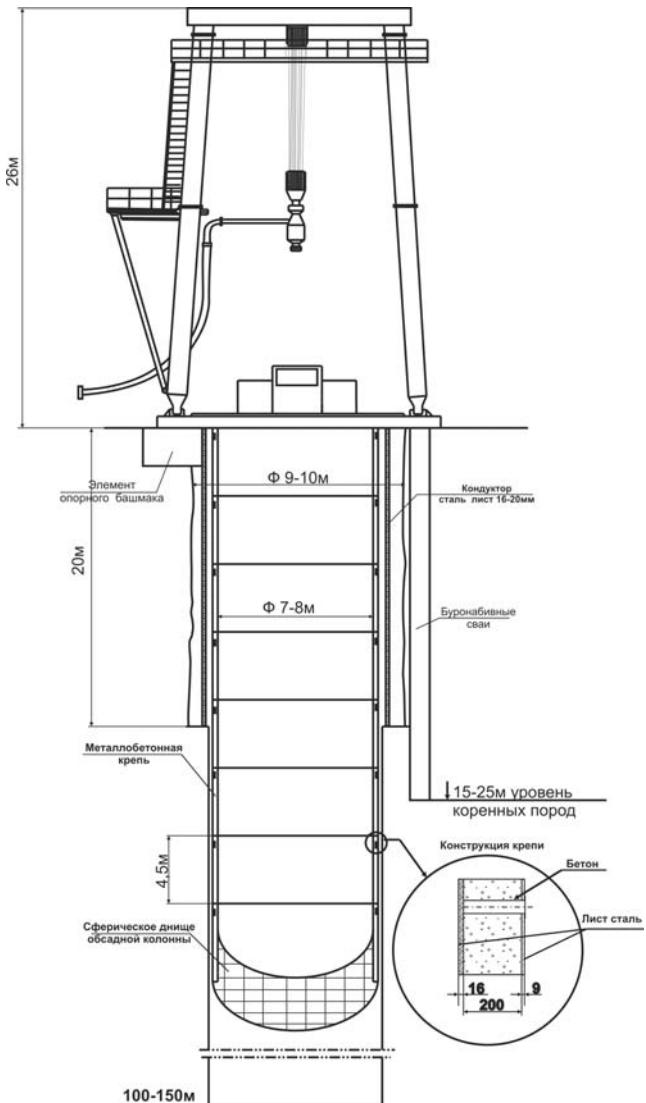
Кроме того, параллельно с бурением первых 100—150 м. ствола, строители и монтажники смогут строить поверхностный комплекс по постоянной схеме, избавляясь от временных, но, тем не менее, дорогих сооружений. Разворот строительства, привлечение материальных и людских ресурсов будет производиться постепенно, не отражаясь на сроках строительства. На рис. 4 приведен ориен-

тировочный график подготовительных и буровых работ.

Имеющиеся типы буровых установок в ГХК «Спецшахтобурение» единственной в Украине организации владеющей комплексной технологией сооружения скважины, не уступающей зарубежным, выполняют бурение



**Рис. 1. Фазовое бурение стволов**



**Рис. 2. Спуск сталебетонной крепи большого диаметра на плаву**

стволов и скважин диаметром не более 6 м. Однако, технические и эксплуатационные характеристики оборудования при определённых конструктивных доработках (увеличение расстояния между опорами кронблока вышки и изготовление рамы-основания размером в соответствии с диаметром сооружаемого ствола) лег-

ко позволяют перейти на большие (до 9 м) диаметры.

Стоимость работ по модернизации и освоению комбинированного способа проходки стволов составляет не более 3 млн. грн.

Подобная технология бурения стволов Ш до 6 м на полную глубину должна применяться при сооружении фланговых стволов. Наличие при этом встречных забоев в два раза сокращает продолжительность проведения капитальных выработок главного направления. Фланговые стволы, пройденные бурением, на первом этапе строительства требуют оснащения поверхностного комплекса в меньшем объеме, хотя при этом будут успешно справляться с функциями запасных выходов и основных магистралей для транспорта, вентиляции и водоотлива.

Указанные преимущества и недостатки предлагаемой технологии сооружения стволов, позволяют сделать вывод, что Западный, Центральный и Восточный Донбасс, Львовско-Волынский угольный бассейн являются регионами с благоприятными горно-геологическими условиями для ее внедрения.

Опыт украинских специалистов, их высокая квалификация подтверждаются постоянными запросами и предложениями к сотрудничеству от иностранных партнеров. В дальнейшем, отработка технологии бурения стволов большого диаметра, может про-



**Рис. 3. Секции сталебетонной крепи изготавленные на месте работ**

изводиться путём приобретения и использования на лизинговой основе современных буровых установок США, Германии, Японии, Италии имеющих более совершенный грузоподъёмный гидравлический механизм, увеличивающий осевую нагрузку на забой, более износостойчивые шарошки и пр.

Изучение китайского опыта, когда в стране за 25 лет пробурено 64 ствола (рис. 5) большого диаметра, должны убедить отечествен-

№ п/п	Наименование работ	Месяцы													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Передислокация и монтаж бурового оборудования														
2	Сооружение буранабивных свай или устройство фундаментов														
4	Бурение и крепление кондуктора в инт. 0-15(25)м														
5	Бурение ствола d 8-9м в инт. 25-100(150)м														
6	Изготовление секций крепи на поверхности														
7	Крепление и тампонаж в инт. 0-100(150)м														
8	Обустройство опорного воротника в отм. 5-10 или 100-150м														
9	Откачка раствора и проверка крепи														
10	Демонтаж дна крепи														
11	Демонтаж оборудования														

**Рис. 4. Ориентировочный график бурения техотхода диаметром 7—8 м в свету и глубиной 100—150 м**



**Рис. 5. Вид площадки строящейся шахты в Китае. Сооружение стволов способом бурения**

ных инвесторов в правильности выбранного пути.

Таким образом, союз буровиков и шахтпротходчиков позволит успешно выполнить программу «Уголь Украины», предусматривающую строительство новых и реконструкцию действующих шахт в Западном Донбассе, в центральной части Луганщины, на западе Украины.

---

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Качан В.Г., Кулчинский И.А. Бурение шахтных стволов и скважин. — М.: Недра, 1984.
2. Стоев И.С., Стоев П.С. Технология и организация строительства вертикальных стволов шахт. — Донецк: ЦБНТИ, 1994.
3. Гузев А.Г., Борщевский С.В. Прогрессивные технологические схемы сооружения глубоких шахтных стволов // Шахтное строительство . — 1987. — № 11. — С. 15—18.
4. Борщевский С.В. Улучшение параметров комбинированной технологии проходки вертикальных шахтных стволов // Науковий Вісник Національної гірничої академії України. — Дніпропетровськ, 1999. — № 4, — С. 11—13. **ГИАБ**

---

## КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

---

Левит Виктор Владимирович — доктор технических наук, профессор, генеральный директор ГХК «Спецшахтобурение», e-mail: postmaster@sshb.donbass.com,  
Борщевский Сергей Васильевич — доктор технических наук, профессор, заместитель заведующего кафедры «Строительство шахт и подземных сооружений», член-кор. Академии строительства Украины, e-mail: borshevskiy@gmail.com,  
Донецкий национальный технический университет,  
Прокопов Альберт Юрьевич — кандидат технических наук, доцент, заместитель директора Шахтинского института Южно-Российского государственного технического университета по образовательной и научной деятельности, e-mail: prokopov72@rambler.ru.



---

## РУКОПИСИ, ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»

### ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФОН МИЗЕСА В ДВУМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ПРИ ГОРНО-ГЕОМЕТРИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ТРЕЩИНОВАТОСТИ МАССИВА (№903/06-12 от 11.04.12, 7 с.)

Маслов Виталий Игоревич, аспирант, Московский государственный горный университет, e-mail: lastsky@mail.ru.

Раскрывается целесообразность применения распределение фон Мизеса на окружности при определении эквивалентного азимута простирания, что позволяет более объективно оценить информацию о структуре массива горных пород.

*Ключевые слова:* маркшейдерское дело, азимут простирания, распределение фон Мизеса, трещиноватость.

### APPLICATION OF THE LAWS OF DISTRIBUTION OF VON MISES TWO-DIMENSIONAL SPACE IN MINING-GEOMETRIC ANALYSIS OF FRACTURE OF THE MASSIF

Maslov Vitaly Igorevich

Reveals the usefulness of the distribution of von Mises in a circle in the determination of the equivalent strick azimuth, allowing more objectively evaluate the information about the structure of the rock mass.

*Key words:* mining surveying, strike azimuth, the distribution of von Mises, fracture.

---