УДК 622.268.7 + 622.524

Установление параметров затопления ликвидируемых вертикальных стволов угольных шахт

А. Ф. БОРЗЫХ,
доктор техн. наук
(Донбасский ГТУ)

В. О. ФОМИН,
аспирант
(Донбасский ГТУ)

Установлены параметры затопления ликвидируемых вертикальных стволов угольных шахт. Дана оценка их влияния на устойчивость приустьевой зоны.

В Украинском Донбассе за период 1996 – 2012 гг. закрыты 59 угольных шахт, имеющих выход на земную поверхность вертикальных выработок, которые ликвидированы согласно требованиям нормативного документа [1], предусматривающего полное заполнение нетоксичным и негорючим, кроме глины, закладочным материалом. Эти работы требуют выполнения наиболее дорогостоящих, технически сложных, малоуправляемых во времени технологий, обеспечивающих надежную и долговечную сохранность земной поверхности.

По усредненным данным, на ликвидацию одного вертикального ствола глубиной 578 м и диаметром всвету 5,3 м с полной засыпкой закладочным материалом в среднем расходуется 0,87 млн грн, что составляет 8,6 % общей суммы затрат, предусмотренных проектом закрытия шахты без учета расходов на решение экологических и социальных проблемных вопросов [2]. Только в Луганской области насчитывается 11 неликвидированных и затапливаемых вертикальных стволов.

Как показывают исследования, ликвидация стволов с применением полной закладки не гарантирует надежную и продолжительную изоляцию от земной поверхности из-за образования провалов [3], вызванных такими основными причинами: потерей устойчивости крепи и перекрытий ствола, а также слоя наносных пород в пределах его приустьевой зоны [4]; образованием пустотного пространства между перекрытием в стволе и закладочным материалом из-за его усадки, в том числе и ухода через разрушенные, возводимые на сопряжениях с ликвидируемым стволом, упорные изолирующие перемычки [5]; снижением несущей способности как железобетонных конструкций полков перекрытий в стволе, так и самой его крепи под воздействием коррозии металла, гидратации бетона и гниения элементов деревянных конструкций [6]; активизацией агрессивного воздействия шахтных и грунтовых вод при способствующей их дополнительной фильтрации на прочностные характеристики материалов, входящих в конструкцию перекрытий и пород наносов в случае полного затопления ствола [7]. Указанные причины нарушений земной поверхности вокруг ликвидированного ствола в той или иной мере связаны с влиянием поверхностных и подземных вод, поэтому возникает необходимость разрешения одного из актуальных вопросов – установления скорости и уровня затопления стволов по истечении фактического срока их эксплуатации.

Цель исследований – установление интенсивности процесса затопления ликвидируемых вертикальных стволов на базе натурных измерений в условиях группы шахт Луганской области при решении следующих главных задач:

- проведения мониторинга притока воды в стволах;
- установления скорости и уровня затопления ликвидированных вертикальных стволов;
- оценки состояния крепи в пределах приустьевой зоны эксплуатируемых вертикальных стволов.

Результаты натурных исследований по затоплению 11 ликвидированных вертикальных стволов семи угольных шахт Луганской об-

ласти представлены в табл. 1. Их глубина колеблется в широких пределах – от 67 до 811 м. Абсолютная скорость затопления группы неглубоких стволов до окончательного установления их относительно-стабильного уровня без учета межсезонного его перепада, равного в среднем для рассматриваемых условий ± 2,5 м, составляет 28,6 – 37,4 м/год (в среднем 32,9 м/год) и почти не зависит от глубины ствола до 500 м. Абсолютная скорость затопления стволов с увеличением их глубины возрастает и в среднем составляет 58,3 м/год (см. табл. 1). Приток воды при откачке из полузатопленного на глубину 220 м ствола (скипового № 1 шахты им. П. Л. Войкова), исходя из средней абсолютной скорости его подтопления 27,5 м/год, приближается к группе неглубоких стволов.

Чтобы оперативно дать оценку прогнозирования процесса заполнения водой стволов шахты, целесообразно использовать относительный показатель, значение которого отражает продолжительность затопления одного метра ствола за единицу времени в годах (см. табл. 1). Для затопленных неглубоких вертикальных стволов значение этого показателя колеблется вокруг среднего значения, равного 0,21 год$^{-1}$ при коэффициенте вариации в пределах 24 %, для глубоких затапливаемых – 0,085 год$^{-1}$ (коэффициент вариации 14 %). Экспериментально установлено, что относительная скорость подтопления откачиваемого ствола 0,07 год$^{-1}$, которая почти равна средней, зафиксированной в затапливаемых стволах. Поэтому показатель относительной скорости затопления в рассматриваемых условиях можно оперативно использовать для предварительного расчета продолжительности полного затопления ликвидируемых стволов различной глубины.

По результатам исследований пяти затопленных неглубоких стволов выявлено, что удаление относительно стабильного уровня воды от земной поверхности составляет 27,4 – 29,8 м (в среднем

Таблица 1

Шахта	Продолжительность затопления, год		Удаление уровня затопления ствола от земной поверхности, м	Вертикальный ствол					Средняя скорость затопления	
				Наименование	Глубина, м	Размеры всвету, м		Материал крепи	абсолютная, м/год	относительная, год$^{-1}$
	Начало	Окончание				Диаметр	Ширина / Длина			
«Черноморка»	2001	2004	29,8	Скиповой № 5-бис	142	–	3,8 / 2,9	Дерево	37,4	0,26
«Сокологоровка» № 3-5	1979	1986	27,9	Главный № 3	260	4,8	–	Бетон	33,2	0,12
		1983	28,2	Скиповой № 4	150	4,2	–	Дерево	30,4	0,20
«Никанор»	1996	1999	29,0	Главный	115	–	4,3 / 3,9	»	28,6	0,25
«Украина»	1985	1989	27,4	Вентиляционный № 2	67	5,2	–	Бетон	34,9	0,21
Среднее значение			30,6		208,8	5,0		–	32,9	0,21
«Славяносербская»	2006	Продолжается	310,1*	Вспомогательный клетевой	731	7,1	–	Бетон	52,6	0,07
			318,3*	Главный скиповой	735	6,5	–	»	52,1	0,07
«Краснопольевская»	2009	»	587,2*	Скиповой	770	6,7	–	»	60,9	0,08
			592,1*	Клетевой	811	7,0	–	»	72,9	0,09
«Черноморка»	2001	2010	41,6	Вспомогательный клетевой № 7	519	6,0	–	Бетонные тюбинги	53,0	0,1
Среднее значение			369,8		713	6,7		–	58,3	0,085
Им. П. Л. Войкова	2002	2010	158,0**	Скиповой № 1	378	–	2,9 / 2,9	Дерево	27,5	0,07

* Затапливаемые стволы.
** Уровень воды поддерживается за счет откачки погружными насосами.

Таблица 2

Шахта	Ствол	Участок нарушенной крепи	
		Удаление от земной поверхности, м	Площадь, м^2
«Мащинская» ш/у «Луганское» ГП «Луганскуголь»	Клетевой	410 – 421	21
	Скиповой	2,5 – 29,5	150
		450 – 472	100
«Черкасская»	Клетевой № 1	2,4 – 9,8	175
ОП «Лутугинская»	Скиповой	560 – 590	370
	Вспомогательный	3,0 – 11,3	146
«Вергелевская»	Скиповой	4,25 – 19,3	195
Им. Артема	Главный	390 – 410	150
	Грузолюдской	2,9 – 31,5	270
	№ 3	7,4 – 14,2	145
«Горская» ГП «Первомайскуголь»	Клетевой	12,4 – 19,3	95
Им. Д. Ф. Мельникова ГП «Лисичанскуголь»	Скиповой	0,1 – 3,8	41
	Грузолюдской	3,7 – 8,73	38
«Перевальская» ГП «Луганскуглереструктуризация»	Грузолюдской	5,1 – 12,5	175
«Романовская»	№ 3	4,50 – 9,00	78
	№ 3	600 – 698	140
«Славяносербская»	Вспомогательный клетевой	5 – 20,8	87
	Главный скиповой	7 – 35	112
«Краснопольевская»	Клетевой	4 – 19	57

28,6 м). Исключение – вспомогательный клетевой ствол № 7 шахты «Черноморка», где этот параметр из-за резкого изменения рельефа местности равен 41,6 м. С учетом сезонных колебаний притока воды минимальную высоту безводного пустотного пространства между земной поверхностью и уровнем воды в затопленном стволе следует ожидать примерно 26 м. Это значение во избежание подтопления части приустьевой зоны ликвидируемого вертикального ствола необходимо сопоставлять с удалением полка перекрытия от земной поверхности.

Существенное влияние на сохранность земной поверхности оказывают дефекты крепи, возникшие за время ее эксплуатации, особенно в приустьевой зоне ликвидируемого вертикального ствола перед затоплением. По данным обследования состояния крепи из-за ее нарушенности в ликвидируемых и подлежащих в перспективе ликвидации вертикальных стволов группы шахт Луганской области (табл. 2), установлено, что основная доля (74 %) участков нарушенной крепи по высоте приходится на приустьевые зоны с максимальным удалением от земной поверхности до 31,5 м, т. е. в пределах части высоты наносов.

Значительное негативное влияние на устойчивость приустьевой зоны ствола оказывают техногенные воздействия, вызываемые вскрышными работами и подработкой в границах предохранительного целика, представленные в табл. 3.

Дополнительным фактором, способствующим разрушению крепи, является отсутствие бокового отпора со стороны закладочного материала, представленного в основном глинистосодержащими, перегоревшими, выветренными породами из шахтных отвалов, которые при нахождении в водной среде разлагаются, дополнительно разлагаясь до пульпообразного состояния. Это способствует значительным усадкам указанного материала, как правило, в приустьевой зоне вертикального ствола. Так, при повторной дозасыпке через 31 год после первоначальной ликвидации скипового ствола № 1 ликвидированной шахты «Украина» глубиной 389 м, площадью поперечного сечения всвету 19,6 м^2, закрепленного бетоном, была извлечена проба закладочного материала, представленного пульпообразной эластичной массой.

Это дает предпосылки к поиску новых технических и технологических решений в целях обоснования более устойчивых и надежных по сравнению

Таблица 3

Шахта	Ствол	Вид техногенного воздействия на приустьевую зону ствола
«Украина»	Главный шахты 8-бис Вспомогательный Вентиляционный № 9	Вскрышные работы, демонтаж перекрытия с газоотводной трубой То же Очистные и вскрышные работы в непосредственной близости
«Перевальская № 25-бис»	Главный	Вскрышные работы, открытый доступ в изолированную часть выработки
«Комиссаровская»	Главный	Вскрышные и очистные работы в непосредственной близости
«Донецкая»	Вентиляционный	Демонтаж перекрытия с газоотводной трубой
Им. Ф. П. Лютикова	Вспомогательный	Очистные и вскрышные работы, демонтаж перекрытия
«Суходольская-1»	Вентиляционный № 4	Очистные и вскрышные работы в непосредственной близости
Им. Ильича	№ 5 № 6	Вскрышные работы, демонтаж перекрытия с газоотводной трубой То же
«Анненская-Глубокая»	Вентиляционный № 1	»
«№ 1-2 Горская»	Вентиляционный	Очистные и вскрышные работы в непосредственной близости
Им. В. И. Чеснокова	Вспомогательный	Демонтаж перекрытия с газоотводной трубой, вскрышные работы в непосредственной близости
Им. Ф. Э. Дзержинского	Вспомогательный Главный	То же »
«Криворожская»	№ 8-2	Очистные и вскрышные работы в непосредственной близости

с нормативными требованиями технологий возведения и конструкций перекрытий ликвидируемых вертикальных стволов без засыпки закладочным материалом.

Выводы. По результатам мониторинга натурных измерений притока воды в ликвидированных и ликвидируемых вертикальных стволах группы угольных шахт установлены средние значения скорости их затопления водой и установившиеся ее уровни на удалении от земной поверхности. Для оценки скорости затопления вертикальных стволов введено обладающее некоторым постоянством относительное ее значение, отражающее среднюю продолжительность их затопления по глубине, до и после 500 м. Для неглубоких (до 500 м) вертикальных стволов оно составляет в среднем 0,21 год$^{-1}$, для глубоких (более 500 м) – 0,085 год$^{-1}$. Определено среднее минимальное удаление установившегося уровня воды при заполнении ею вертикального ствола от земной поверхности, равное 26 м. При снижении этого значения подтопление шахтной водой приустьевой зоны вертикального ствола неизбежно.

Приведенные результаты исследований можно использовать при проектировании для определения времени и уровня окончательного затопления ликвидированных вертикальных стволов в аналогичных условиях, а также совершенствования технологии и средств ликвидации без применения частичной или полной засыпки закладочным материалом.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Правила* ликвидации стволов угольных шахт: КД 12.12.005–2001, КД 12.12.006–2001. – Донецк: Минтопэнерго Украины, 2001. – 122 с.
2. *Петренко С. Я.* Зависимость стоимости и трудоемкости работ от влияющих факторов при ликвидации шахт / С. Я. Петренко, В. А. Рыбалко // Уголь Украины. – 2001. – № 9. – С. 18 – 20.
3. *Фомин В. О.* Потенциально опасные зоны провалов на поверхности вокруг ликвидированных стволов / В. О. Фомин // Уголь Украины. – 2011. – № 8. – С. 17 – 21.
4. *Голдин С. В.* Аварийные ситуации в районе расположения устьев вертикальных стволов / С. В. Голдин // Наукові праці УкрНДМІ. – 2010. – № 6. – С. 313 – 323.
5. *Борзых А. Ф.* Устойчивость упорных перемычек в выработках, сопряженных с ликвидируемым вертикальным стволом / А. Ф. Борзых, В. О. Фомин // Уголь Украины. – 2011. – № 12. – С. 11 – 14.
6. *Снегирев Ю. Д.* Техническое обслуживание и ремонт шахтных стволов / Ю. Д. Снегирев, Н. С. Пушкарев, Н. А. Филатов. – М.: Недра, 1976. – 176 с.
7. *Гавриленко Ю. Н.* Технологические последствия закрытия угольных шахт Украины / Ю. Н. Гавриленко, В. Н. Ермаков. – Донецк: Норд-Пресс, 2004. – 631 с.