

УДК 622:65.016.8

ТЕХНОЛОГИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО СХЕМАМ ЛИКВИДАЦИИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ

Дрибан В. А., Голдин С. В.
(УкрНИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

Запропоновано методологію прийняття рішення з вибору оптимальних схем та параметрів ліквідації стволів.

Methodology for decision-making related to selection of optimal patterns and parameters for shaft liquidation is proposed.

Программами развития угледобывающей отрасли "Уголь" и "Українське вугілля" намечена ликвидация более 100 неперспективных шахт с исключением их из реестра существующих предприятий. Ликвидация угольных шахт в Украине осуществляется в соответствии с требованиями "Кодекса Украины о недрах" [1] и "Горного Закона Украины" [2], которыми определены основные положения по ликвидации предприятий: горные выработки должны быть приведены в состояние, гарантирующее безопасность людей, имущества и окружающей среды, а принятые в проекте технические решения направлены на предотвращение опасного воздействия на другие предприятия. В комплексе работ по закрытию шахт наиболее ответственным этапом является ликвидация горных выработок, имеющих выход на земную поверхность, что является весьма специфической работой, самой технически сложной и одной из наиболее дорогостоящих при закрытии нерентабельных угольных предприятий (годовые проектные затраты на погашение стволов составляют около 15 % от плановых затрат на физическую ликвидацию шахты в целом). Данная проблема весьма масштабна, так как в процессе реструктуризации угольной промышленности Украины необходимо погасить более

300 вертикальных стволов. При ликвидации вертикальных стволов необходимо также учитывать технологические и экологические последствия, которые могут возникнуть в будущем:

- предупреждение опасных деформаций земной поверхности в виде прогибов, опусканий и провалов;
- устранение возможных негативных последствий для действующих горнодобывающих предприятий;
- управление и контроль движения и уровня подземных вод для предотвращения подтоплений земной поверхности и их проникновения в соседние шахты;
- возможность безопасного ведения хозяйственной деятельности на поверхности в районе устьев ликвидированных стволов.

Последствия ликвидации стволов могут проявиться как сразу, так и через десятки лет и вызываться самыми различными причинами, такими как активизация геомеханических процессов, изменение гидрогеологического режима, некачественная засыпка и закладочный материал, недостаточная прочность перекрывающих ствол конструкций и другими.

Нормативной базой ликвидации стволов являются «Правила ликвидации стволов угольных шахт» [3], где основным способом ликвидации стволов предполагается их полная засыпка. Однако, как показывает накопленный опыт ведения ликвидационных работ на закрываемых шахтах и проведенные исследования в области напряженно-деформированного состояния околоствольного массива и крепи стволов, имеет место целый ряд негативных факторов, которые приводят к возникновению аварийных ситуаций.

1. К сожалению, как правило, ввиду несистемного подхода к проблемам ликвидации угольных предприятий, к моменту принятия решения по выбору оптимальных схем и параметров ликвидации шахт, распространена ситуация, когда на сопряжениях ствола с околоствольными выработками нет технологической возможности возвести упорные перемычки вследствие затопления горизонта, либо возведенные перемычки не обеспечивают необходимых блокирующих функций, либо разрушаются в процессе залповой подачи закладочного материала. В результате

происходит уход закладочного материала в выработки околоствольного двора. В таблице 1 приведены сведения об уходах породы в ликвидированных стволах на шахтах Донбасса. Следует отметить, что уход закладочного материала наблюдался как в ликвидируемых стволах, так и уже засыпанных ранее.

Таблица 1

Сведения об уходе закладочного материала в ликвидированных
 стволах

№	Шахты	Наименование ствола	Диаметр / сечение, м/м ²	Глубина, м	Объем засыпки, м ³	Уход породы, м	Объем дозасыпки, м ³
1	Им. Ильича	Ствол №7	5,5/23,75	733	18182	194	4969
		Ствол №2	4,25/14,2	737	11428	373	5313
2	Брянковская	Скв. №2	2,6 / 5,31	620	4271	22	211
		Ств. 1 "бис"	5,0 / 19,6	467	9803	86	1690
3	Селидовская	Шурф №8	3,2 / 8,0	401	4230	180	1728
4	Мушкетовская	Скиповой ст.	6,0 / 28,3	441	14407	60	1708
		Клетевой ст.	6,0 / 28,3	426	28529	573	16228
5	Центральная - Ирмино	Ствол №1	7,0 / 38,5	1175	72700	524	20174
6	Заперевальная	Скип. ствол	6,0 / 28,3	608	25968	127	3598
7	Пролетарская	Скип. ствол № 3	5,5/23,75х	711	27700	688	19046

2. Образование породных пробок вследствие зависания подаваемой в ствол породы в местах обрывов канатов, трубопроводов, прогнивших элементов армировки и разрушенных фрагментов крепи и образованием в связи с этим пустот внутри ликвидируемого ствола. В данных случаях пустоты могут достигать значительных размеров. Так, в стволе № 1 шахты "Красный Октябрь" ПО "Орджоникидзеуголь" высота образовавшейся полости в стволе составила около 140 м (объем создавшейся полости составляет почти 4000 м³), а в стволе №2 шахты им. А. Б. Батова при его засыпке образовалось даже две полости - высотой 50-55 м и около 100 м соответственно. Подобные зависания в последствии приводят к внезапным оседаниям засыпочного материала в обра-

зовавшиеся полости, которые могут сопровождаться мощными динамическими проявлениями.

3. Частичное или полное разрушение устьев ликвидируемых стволов. Причины подобных нарушений могут быть различны, но общим признаком во всех случаях является естественное или искусственное ослабление толщи пород, вмещающих устье ствола, главным образом наносов. Засыпка данных стволов либо не производилась (как в случае ствола № 5 шахты имени Н. Изотова ПО "Артемуголь"), либо была вымыта в горные выработки шахты подземными водами (ствол шахты № 6-14 ПО "Макеевуголь").

4. Практически во всех случаях после засыпки ствола происходит усадка закладочного материала (до 30%), что приводит к образованию пустот в верхней части ликвидированного и перекрытого ствола размером до 100 м и более. Это может привести к возникновению аварийной ситуаций в виде динамических явлений, так как в верхней части ствола возможно образование волны разрежения с перепадом давлений до 20–30 кПа. Так, в Карагандинском бассейне при уходе закладочного материала в клетевой ствол шахты им. 50-летия Октябрьской революции в ствол были втянуты ворота надшахтного здания, демонтажная лебёдка и другое оборудование [4].

Исходя из сказанного, можно сделать вывод, что в условиях устойчивого околоствольного массива и крепи ствола (наличие в нем армировки, трубопроводов, кабелей), его ликвидация путем полного заполнения закладочным материалом может не только не решить поставленную задачу, но даже и повысить вероятность появления аварийных ситуаций.

Схема ликвидации стволов без заполнения их закладочным материалом является менее затратной и более простой в технологическом плане по сравнению со схемой ликвидации стволов с полным заполнением закладочным материалом. Кроме того, при данной схеме ликвидации отсутствуют причины возникновения таких негативных последствий как уход закладочного материала, образование блокирующих пробок, опасность возникновения динамических явлений.

Принятие решения о применении различных схем ликвидации стволов осуществляется на основании оценки долговремен-

ной устойчивости ствола и околоствольного массива. Долговременная устойчивость определяется по фактическому состоянию крепи, определяемого путем визуального обследования ствола, сбора данных об истории мониторинга за стволом, его ремонтах, которые являлись следствием геомеханических нарушений, или нарушений техногенного характера, а также соответствия крепи горно-геологическим и геомеханическим условиям [5].

При оценке долговременной устойчивости ствола принимаются к учету следующие факторы: глубина, диаметр ствола, литологический, прочностной состав вмещающих пород, мощность наносов, наличие водоносных горизонтов, узлов сопряжений с горизонтальными выработками и приствольными камерами, влияние очистных работ, тип и несущая способность крепи, состояние крепи устья ствола, наличие в околоствольном массиве тектонических нарушений.

При данном подходе к оценке возможности ликвидации ствола без засыпки необходимо поэтапное решение следующих задач.

1. Провести обследование и оценить состояния ствола на данный момент.
2. Провести оценку напряженно-деформированного состояния околоствольного массива.
3. Провести проверку соответствия элементов крепи ствола горно-геологическим и геомеханическим условиям.
4. Выполнить расчеты изменения напряженного состояния крепи ствола в связи с изменением уровня затопления.
5. Разработать конструктивное обеспечение устойчивости устьевого зоны.
6. Разработать мероприятий по обеспечению долговременной устойчивости протяженной части ствола и сопряжений с горизонтальными выработками.

Проведя расчеты, согласно предложенной выше методике, в конечном итоге, выходим на расчет необходимой толщины крепи стволов с учетом конкретных геологических, гидрогеологических и геомеханических условий их охраны и поддержания [5, 6, 7].

Расчет толщины крепи вертикальной выработки δ_k производится по формуле [4]:

$$\delta_k = 1,25r_0 \left(\sqrt{\frac{m_{\sigma_1} m_{\sigma_2} m_{\sigma_3} R_{\text{пр}}}{m_{\sigma_1} m_{\sigma_2} m_{\sigma_3} R_{\text{пр}} - 2k_p P}} - 1 \right) - \delta_{\text{пб}},$$

где $m_{\sigma_1}, m_{\sigma_2}, m_{\sigma_3}$ – соответственно коэффициенты, учитывающие длительную нагрузку, условие для нарастания прочности и температурные колебания, принимаемые в соответствии с главой СНиП по проектированию бетонных и железобетонных конструкций;

$R_{\text{пр}}$ – расчетное сопротивление крепи сжатию, принимаемое в соответствии с главой СНиП по проектированию бетонных и железобетонных конструкций, кПа;

k_p – коэффициент концентрации напряжений в конструкции крепи [4];

P – горизонтальное давление, определяемое как суммарное от давления пород $P_{\text{п}}$ подземных вод $P_{\text{г}}$ кПа [4];

$P_{\text{в}}$ – давление столба воды при затоплении на расчетном уровне;

$\delta_{\text{пб}}$ – толщина породобетонной оболочки, образующейся за счет проникания бетона в окружающие нарушенные породы.

Приведем пример применения данной методики для конкретного случая. Так в частности на шахте "Алмазная" возник вопрос о возможности ликвидации вертикальных стволов (вентиляционного № 1 и воздухоподающего № 2) без засыпки.

Вертикальный вентиляционный ствол №1 пройден методом БВР в 1960-62 гг. диаметром в свету 4,5 м на глубину 302 м, закреплен железобетонными тубингами (толщина крепи 0,5 м), армировка ствола жесткая металлическая с деревянными проводниками. Ствол служил для вывода исходящей струи воздуха и оборудован одноклетьевым подъемом с противовесом.

Вертикальный воздухоподающий ствол № 2 был пройден методом БВР в 1970-75 гг. диаметром в свету 6,5 м на глубину 470 м, закреплен до глубины 22 м железобетоном толщиной 0,3 м, далее набрызгбетонной крепью толщиной 100-150 мм, армировка ствола жесткая металлическая. Ствол служил для спуска-подъема людей, материалов и оборудования, подачи свежей

струи воздуха в шахту и оборудован двух клетьевым подъемом с противовесами.

В октябре 2001 г. было проведено обследование состояния стволов, зданий и сооружений промплощадок, на основании которого сделан вывод об удовлетворительном состоянии обоих стволов. По данным фондовых материалов УкрНИМИ, а также информации, полученной от служб шахты, осуществлявших непосредственное обслуживание стволов, за все время эксплуатации нарушений крепи стволов не наблюдалось (за исключением верхней части ствола № 2, где имели место небольшие скалывания набрызгбетонной крепи в связи с обмерзанием). Следует отметить, что на момент принятия решения по оптимальным параметрам ликвидации ствола № 2, он был затоплен до отметки - 170 м.

Расчетная бальная оценка состояния стволов № 1 и 2 по фактору влияния очистных работ, выполненная согласно [4], составляет соответственно 1,74 и 1,23, что соответствует их фактическому состоянию.

Для оценки долговременной устойчивости крепи проведен расчет устойчивости околоствольного массива, соответствия существующей толщины крепи вертикального вентиляционного ствола № 1 (рис. 1) и вертикального воздухоподающего ствола № 2 (рис. 2) её расчетным параметрам, выполненный согласно методическим указаниям по расположению, охране и поддержанию горных выработок при отработке угольных пластов на шахтах [4].

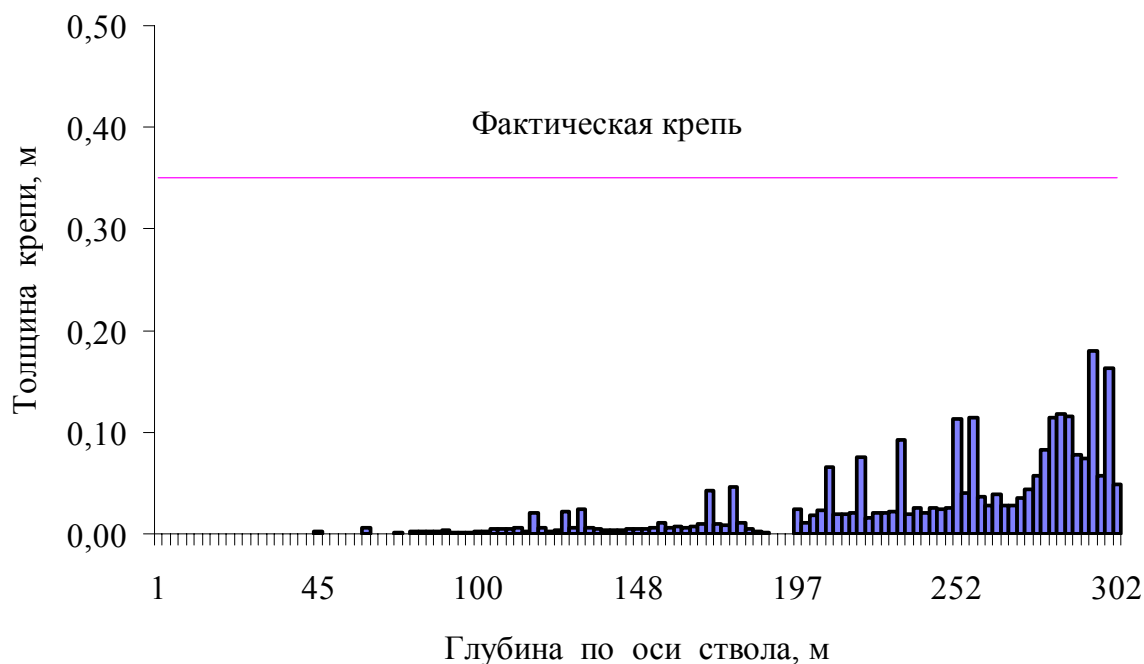


Рис. 1. Графики расчетной и фактической толщины крепи вентиляционного ствола № 1 шахты "Алмазная"

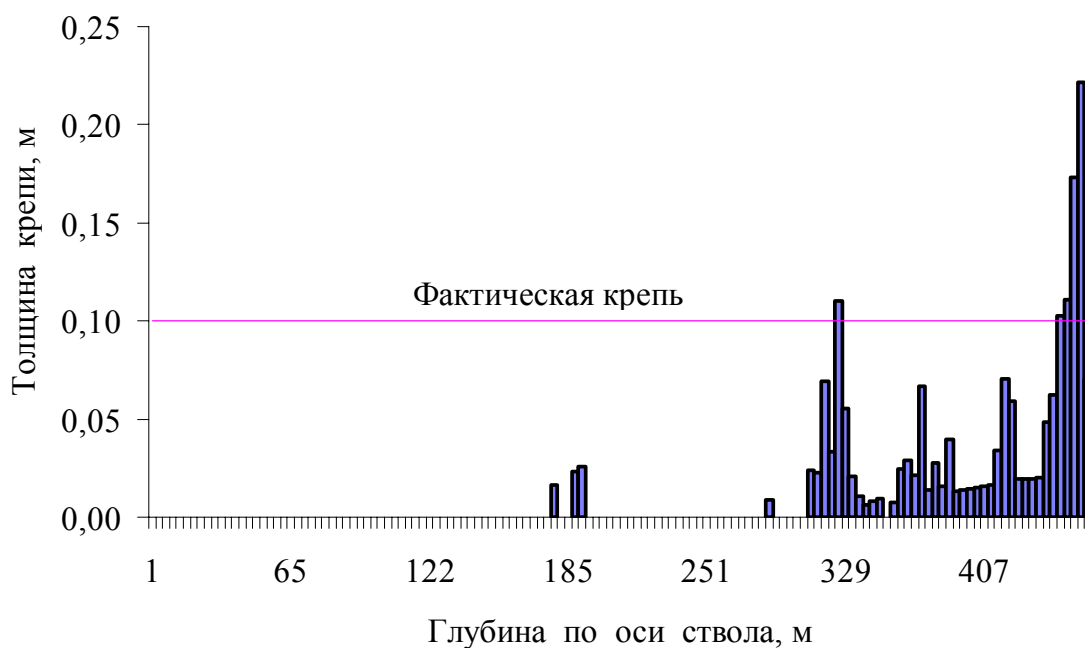


Рис. 2. Графики расчетной и фактической толщины крепи воздухоподающего ствола № 2 шахты "Алмазная"

Анализ проведенных расчетов показывает, что крепь обоих стволов практически на всем протяжении удовлетворяет условиям поддержания, за исключением участков сопряжений ствола № 2

с околоствольными выработками горизонтов -167 и -305 м, где наблюдается небольшое превышение нагрузок на крепь ствола. Учитывая, что на момент ликвидации ствол № 2 затоплен до отметки -170 м, имеет место полное соответствие фактической толщины крепи условиям поддержания нижней (затопленной) части ствола, включая сопряжение гор. -305 м (рис. 3). При поднятии уровня затопления до отметки -155 м и далее до отметки +24 м (по прогнозу) крепь обоих стволов полностью соответствует геомеханическим условиям с учетом отпора водяного столба на стенки ствола.

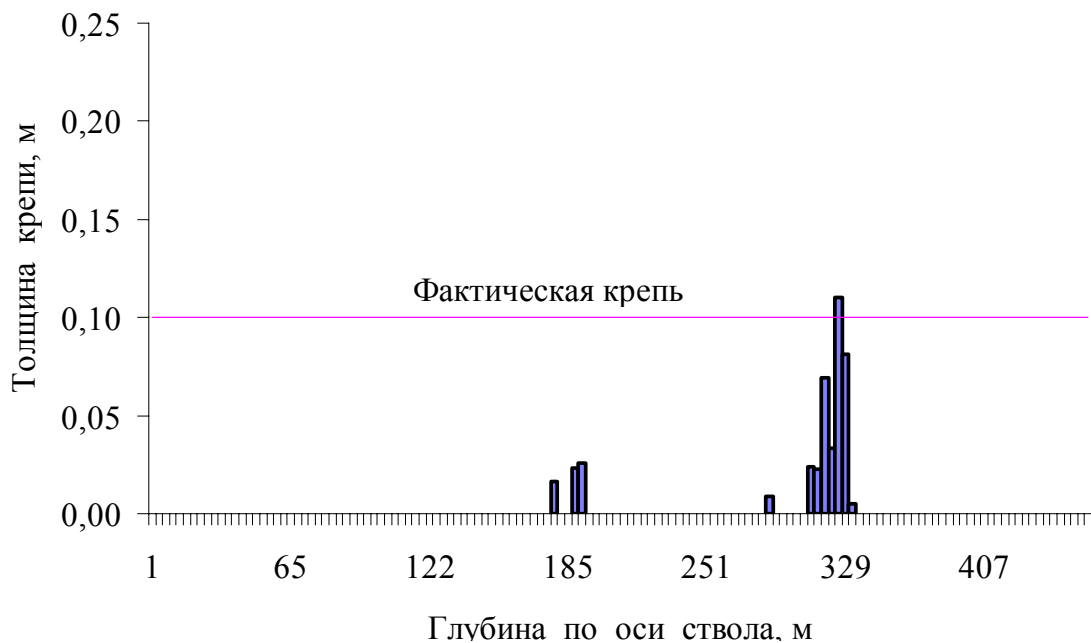


Рис. 3. Графики расчетной и фактической толщины крепи воздухоподающего ствола № 2 шахты "Алмазная" с учетом затопления

На основании проведенного детального геомеханического анализа и выполненных расчетов по обеспечению долговременной устойчивости крепи стволов был сделан вывод о целесообразности ликвидации вертикального вентиляционного ствола № 1 без засыпки путем перекрытия устья одним полком, а ликвидацию вертикального воздухоподающего ствола № 2 выполнить без засыпки ствола путем перекрытия двумя полками с тампанажем

межполочного пространства, в связи с тем, что в устье имели место нарушения набрызгбетонной крепи.

Применение предложенной методики принятия решений по выбору оптимальных схем и параметров ликвидации стволов, дало положительные результаты при определении возможности использования ликвидируемых стволов для использования их для откачки шахтных вод погружными насосами. Данная методика позволяет с достаточной точностью выбрать уровень затопления ствола, при котором обеспечивается долговременная устойчивость его крепи.

В качестве примера рассмотрим технологию принятия решения по оптимальным параметрам ликвидации скипового ствола шахты им. Ф. П. Лютикова. Проектом ликвидации шахты предусмотрено поддержание вертикального скипового ствола шахты им. Ф. П. Лютикова для откачки воды с размещением в нем погружных насосов. При этом нижняя часть ствола затапливается, что может неблагоприятно повлиять на геомеханическую ситуацию в околоствольном массиве горных пород.

Главный ствол шахты им Ф. П. Лютикова пройден в 1955 – 57 гг. на глубину $H = 382,9$ м диаметром в свету 7,0 м буровзрывным способом. Закреплен: от 0 до 2,7 м - кирпич; 2,7 м – 12 м - бетон; 12 м - 39,9 м - бетонит; 39,9 м - 382,9 - железобетонные тубинги НИИОМШС, двухсторонние сопряжения горизонтов 255,5 м (отметка -85,0) и 344,5 (отметка -175,0) закреплены бетоном, также в крепи ствола имеются 19 опорных железобетонных венцов.

В сентябре 2001года сотрудниками УкрНИМИ было произведено обследование скипового ствола шахты им. Ф. П. Лютикова, на основании которого можно сделать вывод об удовлетворительном состоянии крепи ствола. По данным фондовых материалов УкрНИМИ, а также информации, полученной от служб шахты за все время эксплуатации ни каких нарушений крепи стволов обнаружено не было, из ремонта производилась только замена проводников.

Расчеты, проведенные в конкретных условиях скипового ствола шахты им. Ф. П. Лютикова показали, что прогнозная балльная оценка не превышает 1,1 балла. Это говорит о том, что,

во-первых, балльная оценка ствола полностью соответствует его фактическому состоянию, и, во-вторых, полностью отсутствует угроза появления нарушений в дальнейшем.

Для учета долговременного состояния массива в конкретных условиях шахты им. Ф. П. Лютикова в условиях обводненности был проведен анализ соответствия фактической толщины крепи ствола расчетным значениям при различных возможных уровнях его затопления в интервале 227 - 376 м. Результаты расчетов представлены на рисунке 4. Анализ расчетных данных показывает следующее.

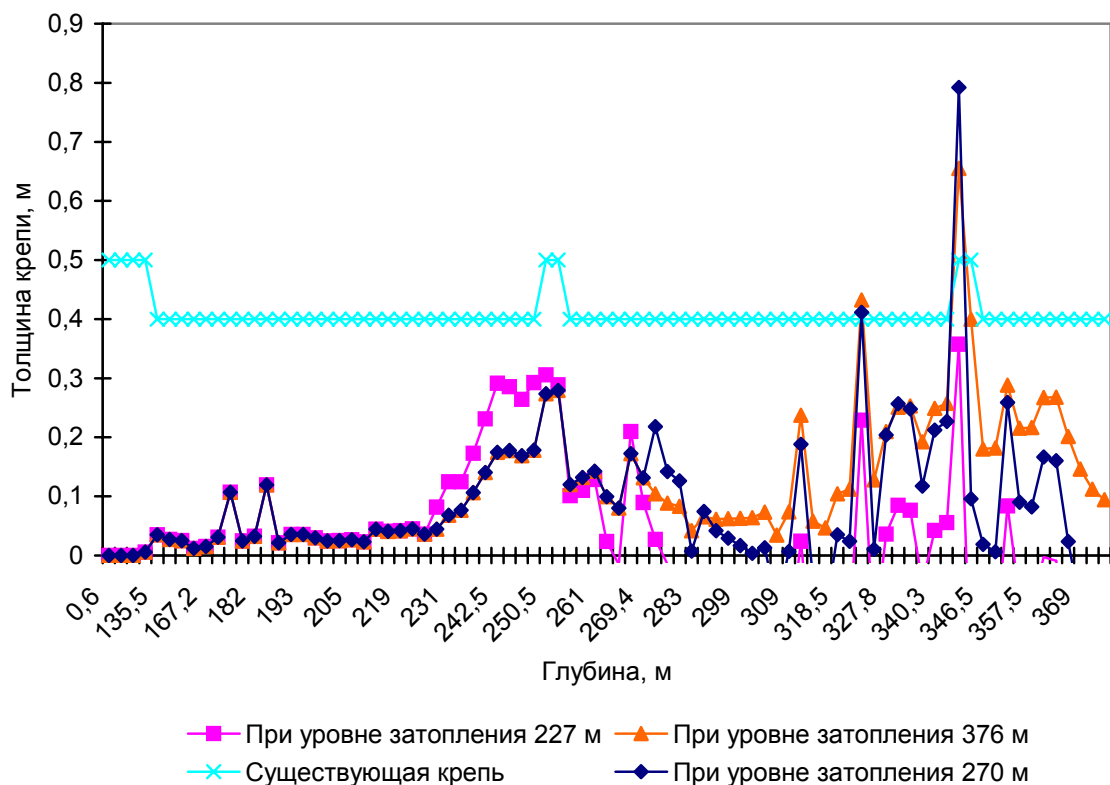


Рис. 4. Расчет необходимой толщины крепи при различных уровнях затопления

При поддержании уровня затопления в интервале глубин 227 – 250 м, абсолютные отметки минус 57,5 - минус 80,5 в скиповом стволе имеет место полное соответствие фактической толщины крепи условиям поддержания. В этом случае для обес-

печения устойчивости ствола и околоствольного массива не требуется дополнительных мероприятий.

Таким образом, на основании проведенных расчетов по долговременной устойчивости системы "крепь ствола – массив" в условиях обводненности, был сделан вывод о возможности использования скипового ствола шахты им. Ф. П. Лютикова под погружные насосы. При этом для обеспечения долговременной устойчивости крепи ствола и массива горных пород уровень затопления должен поддерживаться в интервале глубин 227 – 250 м.

Следует отметить, что в УкрНИИМИ накоплен значительный опыт решения вопросов по оптимальным параметрам ликвидации шахтных стволов. Так за последние 10 лет были разработаны рекомендации в отношении 74 стволов, подлежащих ликвидации. Из них по 12 стволам ранее имели место аварийные или предаварийные ситуации. На основании проделанного геомеханического анализа были сделаны выводы о возможности ликвидации более 30 стволов без их засыпки. По 11 стволам показана целесообразность их использования под погружные насосы.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы. Описанный в данной статье подход к методике принятия решения о применении различных схем ликвидации стволов позволяет с большой степенью надежности разрабатывать оптимальные способы и параметры ликвидации вертикальных стволов. Данные решения принимаются в каждом конкретном случае на основе детального анализа горнотехнической, горно-геологической, гидрогеологической ситуации, оценки напряженно-деформированного состояния околоствольного массива горных пород с учетом всех основных факторов, влияющих на долговременную устойчивость крепи стволов и вмещающего массива.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Кодекс Украины о недрах [Текст]. – Ведомости Верховного Совета Украины, 1994, № 36.
2. Горный закон Украины [Текст]. – Голос Украины, 1999, № 225.
3. Правила ликвидации стволов угольных шахт [Текст]: КД

- 12.12.005-2001: Утв. Министерством топлива и энергетики Украины 15.02.2001. – Донецк: ОАО "Донгипрошахт" и УкрНИМИ, 2001. – 122 с.
4. Иванкин, Е. С. Опыт ликвидации шахт в Республике Казахстан [Текст] / Е. С. Иванкин // Сб. докладов международных семинаров по реструктуризации угольной промышленности "Опыт ликвидации неперспективных угольных предприятий в Украине, Российской Федерации, Республике Казахстан". – Донецк, 2002. – С. 31-38.
 5. Расположение, охрана и поддержание горных выработок при отработке угольных пластов на шахтах. Методические указания [Текст]: КД 12.01.01.201–98: Утв. Минуглепромом Украины 25.06.98. – Донецк: УкрНИМИ, 1998. – 154 с.
 6. Дрибан, В. А. О напряженно-деформированном состоянии массива горных пород [Текст] / В. А. Дрибан // Проблемы горного давления. – 1999. – № 2. – С. 89 – 104.
 7. Дрибан, В. А. Концентрация напряжений в околоствольном массиве горных пород [Текст] / В. А. Дрибан // Геология и геохимия горючих ископаемых. – 1998. – № 4. – С. 64 – 70.