



**ГЕОМЕХАНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ КЛЕТЕВОГО СТВОЛА ШАХТЫ № 11
ПРИ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИИ В ВОДООТЛИВНОМ КОМПЛЕКСЕ
С ПОГРУЖНЫМИ НАСОСАМИ**

В. А. Дрибан, Б. В. Хохлов, В. Ф. Филатов, А. М. Терлецкий, И. А. Колдунов

*Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт
горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела, E-mail: ogd@ranimi.org,
ул. Челюскинцев 291, г. Донецк 283121, Донецкая Народная Республика*

Обосновано использование южного клетового ствола шахты № 11 в структуре водоотливного комплекса шахты им. М. Горького для откачки воды с помощью погружных насосов с целью обеспечения безопасной эксплуатации объектов земной поверхности.

Безопасность эксплуатации, напряженно-деформированное состояние массива, геомеханическая оценка устойчивости ствола, уровень затопления

**GEOMECHANICAL ASSESSMENT OF THE STABILITY OF NO. 11 MINE CAGE SHAFT WHEN
USING IT IN A WATER-DRAINAGE SYSTEM WITH SUBMERSIBLE PUMPS**

V. A. Driban, B. V. Khokhlov, V. F. Filatov, A. M. Terletsy, and I. A. Koldunov

*Republican Academic Research and Design Institute of Mining Geology,
Geomechanics, Geophysics and Mine Surveying, E-mail: ogd@ranimi.org,
ul. Chelyuskintsev 291, Donetsk 283004, Donetsk People's Republic*

The use of the southern cage shaft of no. 11 mine within the structure of water-drainage system of M. Gorky Mine for water pumping using submersible pumps in order to ensure the safe operation of ground surface objects is substantiated.

Operating safety; stress-strain state of rock mass; geomechanical assessment of shaft stability; level of flooding

Принятая и реализуемая в Донецкой Народной Республике Программа оптимизации угольной промышленности предусматривает в числе ряда мероприятий закрытие нерентабельных шахт. При этом в процессе закрытия шахт происходит изменение гидрогеологического режима, повышение уровня их затопления, что ставит под угрозу безопасную эксплуатацию объектов земной поверхности.

Шахта им. М. Горького (“Ново-Центральная”), расположенная в Куйбышевском районе г. Донецка, введена в эксплуатацию в 1962 г. В 1972 г. шахта “Ново-Центральная” и шахтоуправление № 11 были объединены в шахту им. М. Горького. В настоящее время в связи с ликвидацией шахты им. М. Горького с целью обеспечения безопасной эксплуатации объектов земной поверхности в центральной части города Донецка принято решение о поддержании уровня подземных вод на отметке – 50 м, что соответствует глубине 279 м в южном клетовом стволе. Для управления уровнями затопления предложено применять погружные насосы, размещаемые в стволе шахты № 11. Принятие окончательного решения об использовании шахтного ствола в структуре водоотливного комплекса для откачки воды погружными насосами зависит, главным образом, от его долговременной геомеханической устойчивости [1 – 6].

Для оценки безопасной эксплуатации ствола выполнена серия расчетов по определению напряженно-деформированного состояния околоствольного массива и крепи, необходимых ее параметров и запаса устойчивости выработки. Поле шахты № 11 вскрыто двумя вертикальными центрально-сдвоенными стволами — скиповым северным и клетевым южным. Южный клетевой ствол предназначался для спуска и подъема людей, оборудования и материалов. Вмещающие ствол породы — средней крепости и крепкие, устойчивость средняя, залегание спокойное. Краткие сведения о литологическом составе пород в южном клетевом стволе представлены в табл. 1.

ТАБЛИЦА 1. Литологический состав пород

Наименование породы	Прочность f	Суммарная мощность	
		м	%
Наносы, глина	0.5–1.5	10.5	1.46
Глинистые сланцы	3.0–4.0	386.5	53.76
Песчаные сланцы	5.0–6.0	92.5	12.87
Песчаники разномерные	8.0–9.0	219.5	30.53
Известняки	9.0–10.0	2.0	0.28
Каменные угли	1.5	8.0	1.11
Итого	—	719	100

Крепь ствола — клиновой тесаный камень толщиной 0.9 м, сечение ствола — круглое диаметром в свету 6.1 м, вчерне — 7.9 м, глубина 719 м. Ствол расположен в массиве горных пород, в котором были подходы лав к околоствольному двору. Это оказало определенное влияние на геомеханическую ситуацию во вмещающем ствол массиве. Сведения о фактических расстояниях от ствола до границ очистных выработок приведены в табл. 2. Приток воды в шахту № 11 составлял около 165 м³/ч, откачка воды прекращена 05.02.2015 г.

ТАБЛИЦА 2. Расстояния в плане от ствола до очистных выработок по пластам

Индекс пласта	Фактическое удаление границ очистных работ (м) со стороны			
	восстания	простираания	падения	противоположной простираанию
h_8	160	—	—	—
h_7	110	200	200	100

Оценка долговременной геомеханической устойчивости крепи ствола. В соответствии с КД 12.12.005-2001 “Правила ликвидации стволов угольных шахт” п. В.4.2.2 [7] и учетом положений инструкций о порядке ликвидации и консервации предприятий по добыче полезных ископаемых [8] была определена расчетная балльная оценка состояния скипового ствола. Очистные выработки, оконтуривающие стволы, группировались с учетом оставленных целиков (табл. 2). Расчетная балльная оценка состояния крепи южного клетевых ствола шахты № 11 составила 1.25 балла, что по классификации РАНИМИ соответствует удовлетворительному состоянию [7].

Для геомеханической оценки крепления южного клетевых ствола шахты № 11 осуществлен предварительный расчет устойчивости околоствольного массива и необходимой толщины крепи без затопления согласно методическим указаниям [7, 9]. Распределение радиальных нагрузок на крепь ствола показано на рис. 1, изменение расчетной и фактической толщины крепи южного вертикального ствола без учета стадии затопления — на рис. 2.

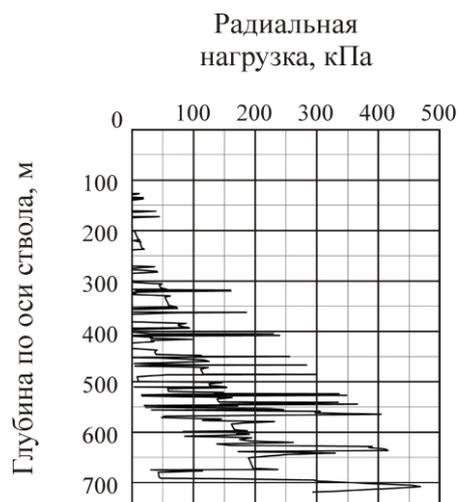


Рис. 1. Распределение радиальных нагрузок на крепь ствола

Из рис. 1 видно, что максимальные радиальные нагрузки на крепь южного клетового ствола, равные 468 кПа, проявляются на глубине 707,8 м. Эти нагрузки меньше несущей способности существующей крепи. Анализируя рис. 2 можно заключить, что крепь южного клетового ствола на всем протяжении удовлетворяет условиям поддержания.

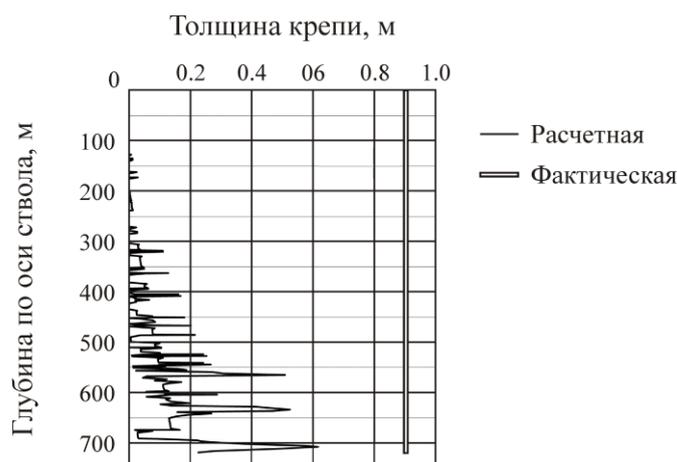


Рис. 2. Изменение фактической и необходимой расчетной толщины крепи ствола

Оценка взаимовлияния смежных стволов шахты № 11. Для прогноза устойчивости и безопасности работы водоотливного комплекса с погружными насосами в условиях шахты № 11 необходимо определить, являются ли соседние вертикальные стволы южный клетовой и северный скиповой взаимовлияющими. Расстояние между южным и северным стволами составляет 50 м. С учетом допустимой ошибки взаимного положения ближайших точек четких контуров, равной 0,8 мм, согласно ГОСТ 2.851-75 [10] взаимовлияние стволов можно исключить. Ликвидацию соседнего северного ствола допускается проводить не зависимо от строительства водоотлива в южном стволе.

Имитационное моделирование и выбор оптимальных уровней затопления южного клетового ствола. Для анализа динамики геомеханической ситуации во вмещающем южный клетовой ствол горном массиве выполнено моделирование его устойчивости при имитации поэтапного затопления выработки. Результаты моделирования при изменяющихся уровнях затопления, начиная с существующего на 25.09.2020 г. — 663 м, приведены на рис. 3.

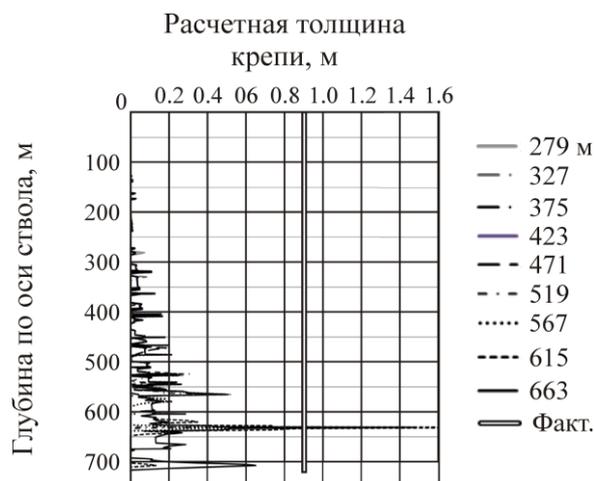


Рис. 3. Результаты моделирования затопления ствола

Видно, что при существующем уровне затопления на отметке 663 м крепь южного клетового ствола на всем его протяжении удовлетворяет условиям поддержания. В процессе дальнейшего его затопления могут возникнуть критические радиальные нагрузки на крепь, превышающие допустимые в интервалах глубин: 620–636 и 544–564 м. Однако по мере поднятия зеркала воды над этими участками нагрузки будут компенсированы давлением водяного столба. При уровне затопления выше 543 м (в нашем случае критический уровень воды в стволе определен на отметке –50 м, глубина 279 м) крепь южного клетового ствола шахты № 11 на всем протяжении удовлетворяет условиям поддержания.

ВЫВОДЫ

Реализованная методика расчетов напряженно-деформированного состояния массива горных пород и нагрузок на крепь ствола, выполненное имитационное моделирование его затопления, а также опыт прогноза устойчивости крепления в аналогичных геомеханических условиях подтвердили возможность безопасного использования южного клетового ствола № 11 в структуре водоотливного комплекса шахты им. М. Горького.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. **Ivankin E. S.** Experience of liquidation of mines in the Republic of Kazakhstan, Experience of liquidation of unpromising coal enterprises in Ukraine, the Russian Federation, the Republic of Kazakhstan: collection of reports of international seminars on the restructuring of the coal industry, Donetsk, 2002, pp. 31–38. [Иванкин Е. С. Опыт ликвидации шахт в Республике Казахстан // Опыт ликвидации неперспективных угольных предприятий в Украине, Российской Федерации, Республике Казахстан: сб. докладов международного семинара по реструктуризации угольной промышленности. — Донецк, 2002. — С. 31–38.]
2. **Kulibaba S. B., Filatov V. F., and Khokhlov B. V.** Monitoring of the state of vertical mine workings, Coal of Ukraine, 2013, no. 5, pp. 25–27. [Кулибаба С. Б., Филатов В. Ф., Хохлов Б. В. Мониторинг состояния вертикальных горных выработок // Уголь Украины. — 2013. — № 5. — С. 25–27.]
3. **Manets I. G., Criadushiy B. A., and Levit V. V.** Maintenance and repair of mine shafts, Donetsk, South-East, 2008, 473 pp. [Манец И. Г., Грядущий Б. А., Левит В. В. Техническое обслуживание и ремонт шахтных стволов. — Донецк: Юго-Восток. — 2008. — 473 с.]
4. **Gavrilenko Yu. N., Yermakov V. N., Krenida Yu. F., Ulitskiy O. A., and Driban V. A.** Technogenic consequences of the abandonment of coal mines in Ukraine, Monograph, Donetsk, Nord Press, 2004, 631 pp. [Гавриленко Ю. Н., Ермаков В. Н., Кренида Ю. Ф., Улицкий О. А., Дрибан В. А. Техногенные последствия закрытия угольных шахт Украины. Монография. — Донецк: Норд Пресс, 2004. — 631 с.]

5. **Goldin S. V.** Emergency situations near the location of vertical shaft collars, Transactions of UkrNDMI NAN Ukraine, Donetsk, 2010, no. 6, pp. 313–322. [Голдин С. В. Аварийные ситуации в районе расположения устьев вертикальных стволов // Наукові праці УкрНДМІ НАН України: зб. наук. пр. — 2010. — № 6. — С. 313–322.]
6. **Kuleshov V. M., Yuzhanin I. A., Kulibaba S. B., and Driban V. A.** Protection and maintenance of deep vertical shafts in Donbass: Review of the Open Joint Stock Company “Central Research Institute of Economics and Scientific and Technical Information of the Coal Industry”, Moscow, 1987. [Кулешов В. М., Южанин И. А., Кулибаба С. Б., Дрибан В. А. Охрана и поддержание глубоких вертикальных стволов в Донбассе: обзор ЦНИЭИуголь. — М., 1987.]
7. **Design Document KD 12.12.005-2001.** Rules for the liquidation of coal mine shafts, Approved by the Ministry of Fuel and Energy of Ukraine on 15.02.2001, Donetsk, 2001, 122 pp. [КД 12.12.005-2001. Правила ликвидации стволов угольных шахт. — Утв. Министерством топлива и энергетики Украины 15.02.2001. — Донецк, 2001. — 122 с.]
8. **Instructions** on the procedure for liquidation and conservation of mineral extraction enterprises (with respect to ensuring and protecting mineral resources), Instructive materials on protection of subsurface in exploitation of mineral deposits, Moscow, Nedra, 1987, pp. 221–241. [Инструкция о порядке ликвидации и консервации предприятий по добыче полезных ископаемых (в части обеспечения и охраны недр) // Сборник руководящих материалов по охране недр при разработке месторождений полезных ископаемых. — М.: Недра, 1987. — С. 221–241.]
9. **Layout**, protection and maintenance of mine workings when extracting coal seams in mines, Guidance Document, RANIMI, approved by DPR ministry of coal and energy on 15.04.21, Donetsk, 2021, 267 pp. [Расположение, охрана и поддержание горных выработок при отработке угольных пластов на шахтах. Руководящий документ / РАНИМИ. — Утв. Мин. угля и энергетики ДНР 15.04.21. — Донецк, 2021. — 267 с.]
10. **GOST 2.851-75.** Mining graphic documentation. GOST 2.850-75 – GOST 2.857-75. Official publication, Moscow, USSR state committee on standards, 1983, 200 pp. [ГОСТ 2.851-75. Горная графическая документация. ГОСТ 2.850-75 – ГОСТ 2.857-75. Изд. офиц. — М.: Гос. комитет СССР по стандартам, 1983. — 200 с.]