

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ И РЕКОНСТРУКЦИИ ШАХТНЫХ СТВОЛОВ

М.С. Плешко<sup>1,2</sup>, А.А. Насонов<sup>3</sup>, О.В. Дымникова<sup>2</sup>, Н.В. Рябова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> НИТУ «МИСиС», Москва, Россия, e-mail: mixail-stepan@mail.ru

<sup>2</sup> Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону, Россия

<sup>3</sup> Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ), Шахтинский институт (филиал), Шахты, Россия

**Аннотация:** В настоящее время все большую актуальность приобретают вопросы, связанные с восстановлением и реконструкцией шахтных стволов горных предприятий. Обеспечение комплексной безопасности этих работ является необходимым условием успешной реализации проекта и включает в себя оценку технического состояния ствола, экспертизу промышленной безопасности и обоснование безопасности. Существующие нормативные документы в этой сфере имеют недостатки и пробелы. В связи с этим предложен комплексный подход, включающий трехуровневое изучение околоствольного массива, экспериментальную оценку напряжений в крепи, разработку и расчет численной модели в трехмерной постановке задачи, анализ и прогнозирование надежности конструкции. Представлен пример оценки безопасности конструкции крепи через 50 лет эксплуатации с учетом случайного распределения деформационных характеристик бетона в условиях действия неравномерных нагрузок. Рассмотрены основные решения по восстановлению работоспособности крепи. Для обеспечения безопасности этих работ предложена автоматизированная система комплексного мониторинга, позволяющая в режиме реального времени собирать, передавать и обрабатывать данные по контролируемым величинам. При достижении заданных пороговых значений контролируемых величин автоматизированная система производит оповещение лиц согласно утвержденному списку.

**Ключевые слова:** ствол, реконструкция, крепь, бетон, дефект, напряжения, модуль деформации, несущая способность, безопасность, мониторинг

**Для цитирования:** Плешко М. С., Насонов А. А., Дымникова О. В., Рябова Н. В. Обеспечение комплексной безопасности работ по восстановлению и реконструкции шахтных стволов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № 7. – С. 104–112. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-7-0-104-112.

### Overall safety of recovery and reconstruction of mine shafts

M.S. Pleshko<sup>1,2</sup>, A.A. Nasonov<sup>3</sup>, O.V. Dymnikova<sup>2</sup>, N.V. Ryabova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> National University of Science and Technology «MISIS», Moscow, Russia, e-mail: mixail-stepan@mail.ru

<sup>2</sup> Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

<sup>3</sup> Shakhty Institute (branch) of Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Shakhty, Russia

---

**Abstract:** Recovery and reconstruction of mine shafts become actually of increasingly higher concern. The all-up safety is an obligatory condition of the recovery and reconstruction projects, and includes the performance estimation of a shaft, industrial safety expertise and safety validation. The current regulations in this sphere are imperfect and deficient. Therefore, an integrated method is proposed, including the three-level analysis of rock mass around a shaft, stress testing in lining, 3D numerical modeling, as well as the analysis and prediction of structural reliability of the shaft. The article presents a case-study on safety evaluation of lining structure in a shaft after 50 years of operation, with regard to a random distribution of deformation characteristics of concrete exposed to nonuniform loading. The main solutions on maintainability of lining are discussed. It is suggested to ensure safety by means of automated integrated monitoring with real-time acquisition, transfer and processing of data on control variables. As soon as the control values reach the preset thresholds, the automated system warns the authorized personnel.

**Key words:** shaft, reconstruction, lining, concrete, defect, stresses, deformation modulus, load-bearing capacity, safety, monitoring.

**For citation:** Pleshko M. S., Nasonov A. A., Dymnikova O. V., Ryabova N. V. Overall safety of recovery and reconstruction of mine shafts. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020;(7):104-112. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-7-0-104-112.

---

## Введение

В настоящее время все большую актуальность приобретают вопросы, связанные с восстановлением или реконструкцией шахтных стволов горных предприятий, строительство или эксплуатация которых прекратились в 1990-е годы, либо которые потеряли свою работоспособность в процессе длительной эксплуатации шахты или рудника. Восстановление этих объектов представляет собой сложную инженерно-техническую задачу, требующую применения нестандартных подходов к обоснованию конструктивных и технологических решений и реализации комплексных решений по обеспечению безопасности работ [1 – 2].

Существующая в этой области нормативная база устарела, а по ряду позиций не разработана. Недостаточно изучены вопросы оценки остаточной работоспособности крепи стволов в условиях длительной эксплуатации. Ряд исследований в этой области выполнен отечественными учеными С.В. Сергеевым [3], А.Ю. Прокоповым [4], И.И. Савиным [5], С.С. Жуковым [6], однако задача функциональной увязки геомеханических

и геотехнологических факторов для обоснования оптимальных решений по восстановлению крепи стволов и обеспечению комплексной безопасности работ до сих пор не решены. Большое значение здесь имеет и гидрогеологический фактор. Многие заброшенные стволы затоплены, а шахтные воды агрессивны к бетону. Для качественной оценки свойств шахтных вод целесообразно применять современные методы, анализ которых выполнен в частности в работе [7].

За рубежом вопросам мониторинга и оценки напряженно-деформированного состояния крепи стволов также уделяется большое внимание [9 – 11]. Для решения этих задач находят внедрение волоконно-оптические системы мониторинга, однако надежность их длительной работы в агрессивной среде шахтных стволов с высокой вероятностью механических воздействий на систему вызывает сомнения.

Таким образом, проблема обеспечения комплексной безопасности работ по восстановлению и реконструкции шахтных стволов в современных условиях весьма актуальна.

## Основная часть

Для успешного решения вопросов, связанных с обеспечением комплексной безопасности шахтных стволов, необходимо до начала горно-строительных работ:

- произвести оценку технического состояния ствола;
- выполнить экспертизу промышленной безопасности объекта;
- разработать обоснование безопасности шахтного ствола при его реконструкции (восстановлении);
- разработать и согласовать в установленном порядке проектную документацию на восстановление (реконструкцию) ствола.

В настоящее время оценка технического состояния стволов производится согласно РД 03-422-01 по пяти возможным категориям. Определение категории производится в основном по косвенным признакам, а полнота диагностики зависит от степени доступности исследуемого участка крепи и включает в себя:

1. Визуальный осмотр крепи с фотофиксацией выявленных дефектов.
2. Уточнение фактических геометрических размеров конструкции крепи.
3. Инструментальный контроль. Определение прочностных характеристик материалов крепи.

Данный перечень работ не позволяет получить точную оценку о фактической несущей способности крепи. Кроме того, работы по обследованию стволов часто затруднены из-за отсутствия полноценного доступа к крепи ствола, необходимости их производства с подъемных сосудов или бадей. В связи с этим для получения объективной картины дополнительно необходимо:

- определить фактический уровень напряжений в крепи;
- изучить фактическую структуру и нарушенность массива;

- произвести расчет крепи по выделенным участкам ствола и оценить запас ее несущей способности;

- дать прогноз надежности работы крепи на долгосрочный период.

Фактический уровень напряжений при наличии доступа к крепи можно определить методами разгрузки. Они достаточно хорошо апробированы для измерения напряжений в массиве. Применительно к бетонной крепи шахтных стволов метод разгрузки усовершенствован Институтом горного дела Уральского отделения АН России. Он применялся для определения напряжений в монолитной бетонной крепи стволов шахты «ДНК» Донского ГОКа, «Центральная», глубоких стволах рудника «Скалистый» [12–14].

Сущность метода заключается в следующем. На исследуемом участке бетонной крепи устанавливаются реперы, измеряются начальные расстояния между ними, затем посередине устраивается разгрузочная щель. Как правило, в крепи стволов максимальные величины имеют тангенциальные напряжения, поэтому щель размещают вертикально (перпендикулярно напряжениям). В зоне влияния приствольных выработок могут устраиваться и горизонтальные щели для измерения вертикальных напряжений в крепи.

После разгрузки крепи производят повторный замер расстояний и определяют величину смещений. Далее, по известным выражениям механики подземных сооружений [15] определяют напряжения, при этом их величины прямо пропорционально зависят от принятого в расчетах значения модуля деформации материала крепи. Для его определения с учетом развития деградиационных процессов в конструкции может использоваться выражение [16]:

$$E = \gamma_E E_b, \quad (1)$$

где  $E_b$  — начальный модуль упругости бетона;  $\gamma$  — коэффициент условий работы:

$$\gamma_E = 1 - K_s \cdot K_t \omega T_i, \quad (2)$$

где  $K_s$  — коэффициент, зависящий от агрессивности шахтных вод;  $K_t$  — коэффициент, учитывающий увеличение скорости деструктивных процессов в крепи по сравнению со скоростью этих процессов в стандартных образцах — кубах;  $\omega$  — коэффициент, учитывающий влияние относительной загруженности крепи ствола на скорость деструктивного процесса;  $T_i$  — временной период от момента возведения крепи ствола до ее обследования.

Недостатком описанного метода является высокая погрешность измерений, искажение результатов при наличии в крепи внутренних дефектов, приведших к ее разгрузке.

При изучении структуры околоствольного массива следует выделять три уровня детализации:

- Уточнение структуры геологического разреза при отсутствии данных бурения контрольно-стволовой скважины. Производится преимущественно методами электроразведки с земной поверхности и рабочих горизонтов.

- Выявление зон дезинтеграции и водообильности в массиве в радиусе до 50—75 м от вертикальной оси ствола. Для решения этой задачи целесообразно применение современных аппаратных средств сейсмоакустики. Работы выполняются непосредственно из ствола, а также из примыкающих к стволу выработок околоствольного двора.

- Определение фактической структуры и выявление внутренних дефектов в крепи и контурном массиве (до глубины 5—7 м). Осуществляется посредством ультразвуковой томографии и георадиолокации, непосредственно из ствола при наличии доступа к поверхности крепи.

По результатам исследований формируется трехмерная численная модель массива, вмещающая шахтный ствол, с послойным залеганием породных слоев, зонами дезинтеграции. Для создания модели в настоящее время применяются программные комплексы MIDAS GTS NX, Plaxis 3D, FLAC 3D, ABAQUS, ANSYS и др.

В результате расчетов определяются все компоненты напряженно-деформированного состояния системы «крепь — массив», производится их анализ и сравнение с полученными натурными данными.

Прогноз долговечности крепи осуществляется с учетом дальнейшей эксплуатации ствола и интенсивности влияния негативных внешних факторов: коррозии, горного и гидростатического давления, ползучести пород и др. В условиях неполноты данных могут применяться подходы имитационной геомеханики, базирующиеся в частности на методе Монте-Карло. Он предусматривает выполнение многократно повторяющихся расчетов численных моделей с последующей сортировкой и отбраковкой грубых погрешностей, задание геомеханических критериев оценки технического состояния и определение фактической надежности (и) или долговечности. Задачу можно существенно упростить путем выделения характерных участков по глубине и диаметру ствола с использованием принципа симметрии.

Рассмотрим пример такого подхода.

В соответствии со схемой горизонтальных нагрузок на крепь вертикальной выработки по СП 91.13330.2012 можно выделить 8 расчетных участков, а с учетом симметрии в равномерном поле напряжений достаточно рассмотреть четыре из них.

В целом случайным является как начальный модуль упругости бетона крепи  $E_b$ , так и коэффициент упругости,

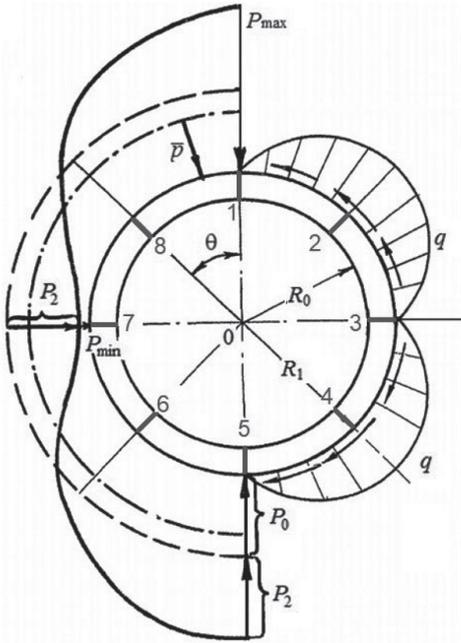


Рис. 1. Схема горизонтальных нагрузок на крепь ствола и выделенных расчетных участков:  $P_{\max}$  – максимальная нагрузка;  $P_{\min}$  – минимальная нагрузка;  $\bar{p}$  – средняя нагрузка;  $P_0$  – равномерная часть нагрузки;  $P_2$  – неравномерная часть нагрузки;  $q$  – касательные напряжения; 1–8 – расчетные участки

Fig. 1. Diagram of horizontal loads on lining in selected test areas:  $P_{\max}$  – maximal load;  $P_{\min}$  – minimal load;  $\bar{p}$  – mean load;  $P_0$  – uniform load;  $P_2$  – non-uniform load;  $q$  – shear stresses; 1–8 – test areas

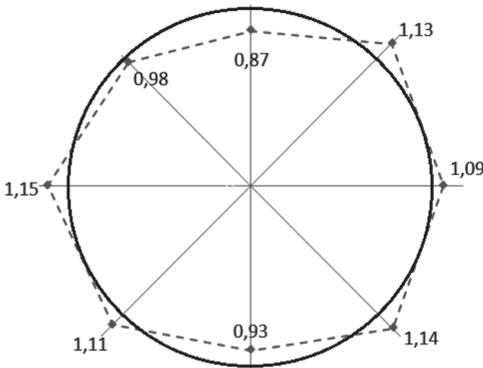


Рис. 2. Значения характеристики надежности крепи ствола по выделенным расчетным участкам  
Fig. 2. Values of lining reliability in selected test areas

связывающий его с модулем деформации при определенном уровне нагрузок, действующих на крепь. На рис. 2 приведены значения характеристики надежности крепи по А.Р. Ржаницыну для восьми выделенных участков ствола после 50 лет эксплуатации. Коэффициент вариации начального модуля упругости бетона принят равным  $\nu_E = 0,15$ , модуля деформации  $\nu_{Ed} = 0,21$ . Задача решена в условиях действия неравномерных горизонтальных нагрузок, обусловленных тектоническими напряжениями в горном массиве.

По результатам расчетов принимаются обоснованные решения по восстановлению работоспособности крепи, которые могут включать:

- возведение внутреннего слоя крепи из монолитного бетона или тубингов с уменьшением диаметра ствола в свету;
- усиление существующей крепи анкерами, сеткой, торкретированием и др.
- упрочняющее инъецирование приконтурных нарушенных пород околоствольного массива;
- полную разборку и перекрепленные дефектных участков;
- бетонирование разрушенных участков ствола с их последующей перепроходкой.

Технологические особенности выполнения работ, как правило, определяют целесообразность восстановления крепи в направлении снизу вверх. В этом случае необходимо соблюдение повышенных мер безопасности работ и организация постоянного мониторинга ствола.

Принципиальная компоновка автоматизированной системы с объединением подсистем мониторинга крепи и горного массива представлена на рис. 3.

В соответствии с [3, 14, 15] можно выделить следующие уровни контроля:

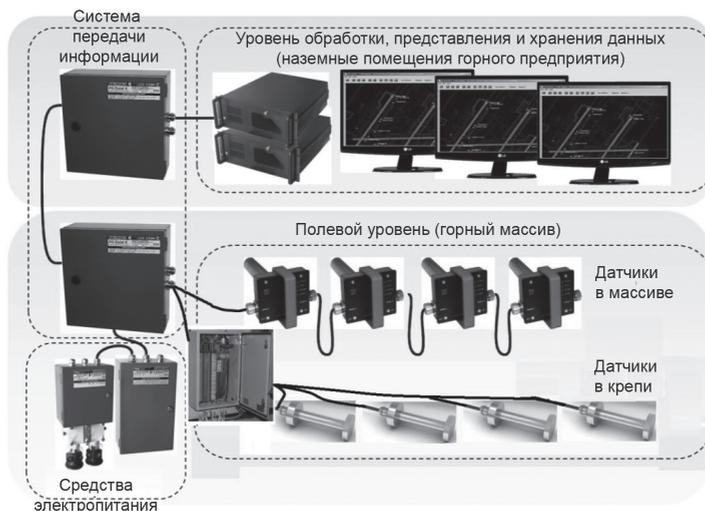


Рис. 3. Принципиальная компоновка автоматизированной системы  
 Fig. 3. Block-diagram of automated monitoring system

- полевой уровень (контролируемые горный массив и крепь) включает комплекс датчиков, средств измерений и возбудителей;

- уровень передачи данных (ствол, сопряжения и помещения промплощадки), включает аппаратные средства и коммуникации, посредством которых передаются данные от датчиков к серверу;

- уровень обработки, представления и хранения данных. На этом уровне используется компьютерная техника и прикладное программное обеспечение, которые объединяются в автоматизированное рабочее место на поверхности ствола.

С помощью выделенных уровней системы данные о напряженно-деформированном состоянии крепи собираются и передаются в режиме реального времени. Система обеспечивает последовательный опрос измерительных преобразователей (датчиков), первичную статистическую обработку измерений сигнала при опросе, преобразование статистически обработанного сигнала в цифровую форму, передачу информации на центральный компьютер для преобразования в физическую величину, формирования базы

данных и архивирования. Организуется постоянный доступ к базе данных представителей Заказчика и Исполнителя согласно утвержденному списку.

При достижении заданных пороговых значений контролируемых величин автоматизированная система производит оповещение представителей Заказчика и Исполнителя согласно утвержденному списку, назначается совместное техническое совещание, по результатам которого определяется перечень мер по обеспечению безопасности работ в стволе.

### Закключение

Реализация описанного комплексного подхода к обеспечению безопасности работ по восстановлению и реконструкции шахтных стволов является весьма перспективным. Его широкому внедрению в настоящее время является отсутствие эффективных отечественных решений по автоматизированным системам мониторинга шахтных стволов, а также неразработанностью ряда теоретических положений по геомеханической оценке подземных сооружений с длительным сроком эксплуатации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Масленников С.А. К вопросу о проектировании крепи вертикальных стволов в сложных горногеологических условиях // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2016. — № 6. — С. 50–55.

2. Насонов А.А. Эффективные геотехнологии сооружения сверхглубоких вертикальных стволов // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2018. — № 1. — С. 26–33. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-1-0-26-33.

3. Сергеев С.В., Воробьев Е.Д. Информационно-измерительная система мониторинга напряженно-деформированного состояния несущих строительных конструкций и элементов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Естественные науки. — 2017. — № 25 (274). — С. 116–122.

4. Прокопов А.Ю., Прокопова М.В., Ткачева К.Э. Обоснование параметров блочной крепи зумпфов углубляемых вертикальных стволов // Научное обозрение. — 2014. — № 11–3. — С. 768–772.

5. Савин И.И., Свиридкин В.А., Лукашин С.Б. Метод обработки результатов измерения разнотипных компонентов напряженно-деформированного состояния крепи горных выработок // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. — 2012. — № 1. — С. 171–177.

6. Жуков А.А. Разработка и адаптация технологии диагностики бетонной крепи шахтных стволов калийных рудников // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2016. — № 8. — С. 245–254.

7. Дымникова О.В., Золотко А.В. Анализ качества воды водоемов Ростовской области / Актуальные проблемы науки и техники 2018. Материалы национальной научно-практической конференции. — 2018. — С. 664.

8. Yu Q., Yin K., Ma J., Shimada H. Vertical shaft support improvement studies by strata grouting at aquifer zone // Advances in Civil Engineering. 2018. Vol. 7. Pp. 1–10. DOI: 10.1155/2018/5365987.

9. Walton G., Kim E., Sinha S., Sturgis G., Berberick D. Investigation of shaft stability and anisotropic deformation in a deep shaft in Idaho, United States // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences. 2018. Vol. 105. Pp. 160–171. DOI: 10.1016/j.ijrmms.2018.03.017.

10. Zhou Y.-C., Liu J.-H., Huang S., Yang H.-T., Ji H.-G. Performance change of shaft lining concrete under simulated coastal ultra-deep mine environments // Construction and Building Materials. 2020. Vol. 230. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2019.1169090.

11. Li X., Xue W., Fu C., Yao Z., Liu X. Mechanical properties of high-performance steel-fibre-reinforced concrete and its application in underground mine engineering // Materials. 2019. Vol. 12. No 15. Pp. 2470.

12. Сентябов С.В. Формирование напряжений в бетонной крепи вертикальных стволов // Проблемы недропользования. — 2015. — № 1 (4). — С. 71–78.

13. Харисов Т.Ф., Антонов В.А. Обеспечение устойчивости крепи в процессе строительства вертикальных стволов // Проблемы недропользования. — 2014. — № 1 (1). — С. 65–69.

14. Казикаев Д.М., Сергеев С.В. Диагностика и мониторинг напряженного состояния крепи вертикальных стволов. — М.: Изд-во «Горная книга», 2011. — 244 с.

15. Зубков А.В., Сентябов С.В. Влияние изменяющихся горизонтальных напряжений в массиве на состояние крепи стволов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. — 2014. — № 3(47). — С. 11–15.

16. Методика оценки остаточного ресурса несущих конструкций зданий и сооружений. — М.: ФЦС, 2018. — 50 с.

17. Лапин Э. С., Писецкий В. Б., Бабенко А. Г., Патрушев Ю. В. «Микон-Гео» — система оперативного обнаружения и контроля состояния зон развития опасных геогазодинамических явлений при разработке месторождений полезных ископаемых подземным способом // Безопасность труда в промышленности. — 2012. — № 4. — С. 18 — 22.

18. Golik V. I., Hasheva Z. M., Galachieva S. V. Diversification of the economic foundations of depressive mining region // The Social Sciences (Pakistan). 2015. Vol. 10. No 6. Pp. 746 — 749. **PLAS**

## REFERENCES

1. Maslennikov S.A. The question of design secured upright trunk in complex mining and geological conditions. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2016, no 6, pp. 50 — 55. [In Russ].

2. Nasonov A. A. Effective geotechnology sinking ultra-deep vertical shafts. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2018, no 1, pp. 26 — 33. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-1-0-26-33.

3. Sergeev S. V., Vorob'ev E. D. Information and measurement system for the stress-strain behavior monitoring in load-bearing structural units and elements. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Estestvennye nauki.* 2017, no 25 (274), pp. 116 — 122. [In Russ].

4. Prokopov A. Yr., Prokopova M. V., Tkacheva K. E. Justification of block support design for dib-holes in vertical shaft sinking. *Nauchnoe obozrenie.* 2014, no 11 — 3, pp. 768 — 772. [In Russ].

5. Savin I. I., Sviridkin V. A., Lukashin S. B. Method to process measurement data on different-type stress-strain components in lining in mines. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o Zemle.* 2012, no 1, pp. 171 — 177. [In Russ].

6. Zhukov A. A. Development and adaptation of the process for diagnostics of mine shaft concrete lining in potash mines. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2016, no 8, pp. 245 — 254. [In Russ].

7. Dymnikova O. V., Zolot'ko A. V. Water quality analysis in water bodies in the Rostov Region. Recent problems in science and technology. *Materialy natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii.* 2018, pp. 664. [In Russ].

8. Yu Q., Yin K., Ma J., Shimada H. Vertical shaft support improvement studies by strata grouting at aquifer zone. *Advances in Civil Engineering.* 2018. Vol. 7. Pp. 1 — 10. DOI: 10.1155/2018/5365987.

9. Walton G., Kim E., Sinha S., Sturgis G., Berberick D. Investigation of shaft stability and anisotropic deformation in a deep shaft in Idaho, United States. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences.* 2018. Vol. 105. Pp. 160 — 171. DOI: 10.1016/j.ijrmmms.2018.03.017.

10. Zhou Y.-C., Liu J.-H., Huang S., Yang H.-T., Ji H.-G. Performance change of shaft lining concrete under simulated coastal ultra-deep mine environments. *Construction and Building Materials.* 2020. Vol. 230. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2019.1169090.

11. Li X., Xue W., Fu C., Yao Z., Liu X. Mechanical properties of high-performance steel-fibre-reinforced concrete and its application in underground mine engineering. *Materials.* 2019. Vol. 12. No 15. Pp. 2470.

12. Sentyabov S. V. Stress formation in concrete lining in vertical shafts. *Problemy nedropol'zovaniya.* 2015, no 1 (4), pp. 71 — 78. [In Russ].

13. Kharisov T. F., Antonov V. A. Stability of lining during construction of vertical shafts. *Problemy nedropol'zovaniya.* 2014, no 1 (1), pp. 65 — 69. [In Russ].

14. Kazikaev D. M., Sergeev S. V. *Diagnostika i monitoring napryazhennogo sostoyaniya krepki vertikal'nykh stvolov* [Diagnostics and monitoring of stress-strain behavior of lining in vertical shafts], Moscow, Izd-vo «Gornaya kniga», 2011, 244 p.

15. Zubkov A. V., Sentyabov S. V. Effect of variable horizontal stresses in rock mass on lining performance in shafts. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G. I. Nosova.* 2014, no 3(47), pp. 11 — 15. [In Russ].

16. *Metodika otsenki ostatochnogo resursa nesushchikh konstruksiy zdaniy i sooruzheniy* [Estimation technique for remaining lifetime of load-bearing structures of buildings and facilities], Moscow, FTsS, 2018, 50 p.

17. Lapin E. S., Pisetskiy V. B., Babenko A. G., Patrushev Yu. V. Mikon-Geo – on-the-spot detection and control of hazardous gas-dynamic phenomena in underground mineral mining. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*. 2012, no 4, pp. 18 – 22. [In Russ].

18. Golik V. I., Hasheva Z. M., Galachieva S. V. Diversification of the economic foundations of depressive mining region. *The Social Sciences (Pakistan)*. 2015. Vol. 10. No 6. Pp. 746 – 749.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Плешко Михаил Степанович<sup>1</sup> – д-р техн. наук, доцент;  
профессор, НИТУ «МИСиС»,  
e-mail: mixail-stepan@mail.ru,

Насонов Андрей Андреевич – канд. техн. наук,  
и.о. зав. кафедрой, Шахтинский институт (филиал)  
Южно-Российского государственного  
политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова,  
e-mail: tkgsmp@ya.ru,

Дымникова Ольга Валентиновна<sup>1</sup> – канд. хим. наук, доцент,  
зав. кафедрой, e-mail: spu-39.1@donstu.ru,

Рябова Наталья Васильевна<sup>1</sup> – аспирант,  
e-mail: spu-39.1@donstu.ru,

<sup>1</sup> Донской государственный технический университет.

**Для контактов:** Плешко М.С., e-mail: mixail-stepan@mail.ru.

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

M.S. Pleshko<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Eng.), Assistant Professor;  
Professor, National University of Science and Technology «MISIS»,  
119049, Moscow, Russia, e-mail: mixail-stepan@mail.ru,

A.A. Nasonov, Cand. Sci. (Eng.), acting Head of Chair,  
Shakhty Institute (branch) of Platov South-Russian State  
Polytechnic University (NPI), 346500, Shakhty, Russia,  
e-mail: tkgsmp@ya.ru,

O.V. Dymnikova<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Chem.), Head of Chair,  
e-mail: spu-39.1@donstu.ru,

N.V. Ryabova<sup>1</sup>, Graduate Student, e-mail: spu-39.1@donstu.ru,

<sup>1</sup> Don State Technical University, 344023, Rostov-on-Don, Russia.

**Corresponding author:** M.S. Pleshko, e-mail: mixail-stepan@mail.ru.

Получена редакцией 26.03.2020; получена после рецензии 13.04.2020; принята к печати 20.06.2020.

Received by the editors 26.03.2020; received after the review 13.04.2020; accepted for printing 20.06.2020.

