

## ПРОЧНОСТНЫЕ И ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫСОКОТОЧНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ «СОТОВЫХ» ГОРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, СОЗДАНЫХ ПО ТЕХНОЛОГИИ FDM ПЕЧАТИ

В.И. Лейзер<sup>1</sup>, А.М. Янбеков<sup>1</sup>, А.Р. Умаров<sup>1</sup>, К.М. Вишнякова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГИ НИТУ «МИСиС», Москва, Россия, e-mail: vlad.leizer@yandex.ru

**Аннотация:** Изменение напряженно-деформированного состояния конструктивных элементов модели «сотовой» горной конструкции связано с прочностными и упругими характеристиками эквивалентного материала, а также с точностью создания ее проектируемых элементов. Применение новых аддитивных технологий для создания высокоточных физических моделей с использованием 3D принтера и прочного пластика в качестве эквивалентного материала смогло обеспечить чистоту эксперимента и исключить ошибки в подборе прочностных характеристик материала. Результаты физического моделирования с применением современных технологий позволили определить оптимальные устойчивые параметры разрабатываемых горных конструкций и последующие шаги моделирования, уменьшить время проведения трудозатратных экспериментов. Полученный опыт проведения эксперимента с применением современных методов моделирования и 3D печати позволяет создавать высокоточные физические модели разрабатываемых «каркасных» и «сотовых» горных конструкций, при необходимости калибровать ранее полученные результаты физического моделирования из эквивалентных материалов. Экспериментальные исследования показали перспективность применения компьютерного 3D-моделирования и FDM печати на 3D-принтере с точностью в 0,2 мм для изучения геомеханических процессов при разработке параметров новых горных технологий.

**Ключевые слова:** сотовые горные конструкции, физическое моделирование, напряженно-деформированное состояние (НДС), технология FDM печати, PLA пластик, крейтовая система сбора данных.

**Благодарность:** Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 19-17-00034).

**Для цитирования:** Лейзер В. И., Янбеков А. М., Умаров А. Р., Вишнякова К. М. Прочностные и деформационные характеристики высокоточных физических моделей «сотовых» горных конструкций, созданных по технологии FDM печати // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – №11. – С.28–36. DOI:10.25018/0236\_1493\_2021\_11\_0\_28.

### Strength and deformation characteristics of high-accurate 3D printed physical models of honeycomb mine structures

V.I. Leizer<sup>1</sup>, A.M. Yanbekov<sup>1</sup>, A.R. Umarov<sup>1</sup>, K.M. Vishnyakova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS», Moscow, Russia,  
e-mail: vlad.leizer@yandex.ru

---

**Abstract:** The change in the stress–strain behavior of the modeled honeycomb mine structures is governed by the strength and elastic characteristics of equivalent materials as well as by the accuracy in manufacturing of the model elements. Application of new additive technologies in manufacturing of precise physical models using 3D printing and strong plastics as equivalent materials ensured purity of experiments and elimination of errors in selection of the material strength characteristics. The physical modeling data obtained using the advanced technologies made it possible to optimize stable parameters of design mine structures, to define subsequent modeling stages and to reduce the time of the labor-intensive experimentation. The experience gained in the advanced modeling and 3D printing allows manufacturing high-accurate physical models of frame and honeycomb mine structures and enables adjustment of the earlier testing data obtained in physical modeling using equivalent materials if necessary. The experimental research shows the promising nature of 3D modeling and FDM 3D printing accurate to 0.2 mm in geomechanical analysis in development of new mining technologies and their parameters.

**Key words:** Honeycomb mine structures, physical modeling, stress–strain behavior, FDM printing, PLA, crate system of data acquisition.

**Acknowledgements:** The study was supported by the Russian Science Foundation, Project No. 19-17-00034.

**For citation:** Leizer V. I., Yanbekov A. M., Umarov A. R., Vishnyakova K. M. Strength and deformation characteristics of high-accurate 3D printed physical models of honeycomb mine structures. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(11):28-36. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2021\_11\_0\_28.

---

В НИЦ «Прикладная геомеханика и конвергентные горные технологии» Горного института НИТУ «МИСиС» создан комплексный стенд для подготовки и проведения физического и оптического моделирования геомеханических процессов в полях напряжений при разработке новыми горными технологиями месторождений различных геологических типов, которые в настоящее время разрабатываются в вариантах «каркасной» и «сотовой» горных конструкций [1 – 6].

Моделирование — один из методов лабораторного исследования — получило в последнее время широкое распространение при изучении вопросов горного давления, выпуска руды и действия взрыва [7 – 12]. Теории подобия и размерностей определяют условия, при которых явления становятся точно или приближенно подобными.

В теории подобия эта задача решается сопоставлением уравнений связи, т.е. уравнений, описывавших данное явление. Теория размерностей основывается на анализе размерностей физических величин, характерных для данного явления. Для того чтобы использовать тот или иной метод, необходимо понимать, какие физические величины определяют рассматриваемое явление. По этой причине целесообразно подходить к определению критериев подобия на основании изучения уравнений связи, однако часто приходится решать данную задачу применительно к явлениям, уравнения связи которых неизвестны. Иногда анализ размерностей, особенно в начальной стадии изучения, является единственным способом определения функциональных зависимостей, отражающих явление.

Таблица 1

**Физико-механические характеристики пластика типа PLA**  
**Physical and mechanical characteristics of PLA polyester**

Твердость (по Роквеллу)	R70-R90
Относительное удлинение при разрыве, %	3,8%
Прочность на изгиб, МПа	55,3
Прочность на разрыв, МПа	57,8
Модуль упругости при растяжении, ГПа	3,3
Модуль упругости при изгибе, ГПа	2,3
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1230 – 1250

Для чистоты проведения эксперимента и изучения влияния геометрических параметров пустот цилиндрической формы, входящих в сотовую конструкцию физических моделей, на их прочностные и деформационные характеристики выбрана технология 3D-моделирования и FDM печати на 3D-принтере с точностью в 0,2 мм. Такой подход позволяет установить геометрическую зависимость и исключить ошибки прочностных характеристик. Для печати был использован пластик типа PLA одного производителя с одинаковыми прочностными характеристиками, указанными в табл. 1. Высокая точность 3D-печати позволила исключить неточности в создании моделей.

Целью проведения эксперимента являлось определение влияния формы,

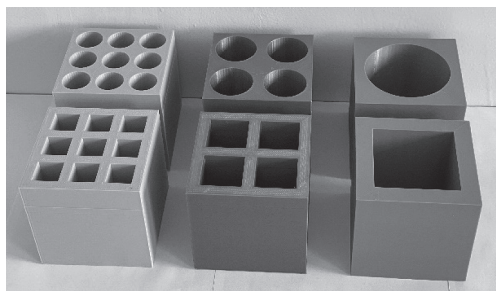


Рис. 1. Высокоточные физические модели, созданные по технологии FDM печати из пластика типа PLA

Fig. 1. Accurate FDM printing models made of PLA polyester

размеров и расположения пустот цилиндрической формы на устойчивость физической модели [13 – 15]. Объектом исследований являлась высокоточная физическая модель, созданная из пластика PLA по технологии FDM печати.

Для серии прессовых испытаний были созданы 3D физические модели кубической формы с длиной ребра, равной 10 см.

В качестве критерия подобия принимался показатель удельной прочности конструкции ( $\Delta\sigma$ ), определение которого было дано выше:

$$\Delta\sigma = \gamma/\sigma \text{ (кг/см}^3\text{)/(Н/см}^2\text{)},$$

где  $\gamma$  – плотность вещества;  $\sigma$  – предел прочности на сжатие.

Исходя из целей и задач моделирования, в каждой серии экспериментов испытывалось 6 образцов с различной формой пустот, их расположением и размерами (рис. 1).

Сценарии проведения экспериментов:

- испытание образца высокоточной физической модели с пройденной в ней одной камерой квадратного сечения – отношение площади образца к площади пустоты составило 50/50%;
- испытание образца высокоточной физической модели с пройденной в ней одной камерой круглого сечения – отношение площади образца к площади пустоты составило 50/50%;

- испытание образца высокоточной физической модели с пройденными в ней 4-мя камерами квадратного сечения — отношение площади образца к площади пустоты составило 50/50%;

- испытание образца высокоточной физической модели с пройденными в ней 4-мя камерами круглого сечения — отношение площади образца к площади пустоты составило 50/50%;

- испытание образца высокоточной физической модели с пройденными в ней 9-ю камерами квадратного сечения — отношение площади образца к площади пустоты составило 50/50%;

- испытание образца высокоточной физической модели с пройденными в ней 9-ю камерами круглого сечения — отношение площади образца к площади пустоты составило 50/50%.

Высокоточные физические модели изготавливались на 3D-принтере Creat BootD600Pro по технологии FDM печати (рис. 2, табл. 2).



Рис. 2. 3D принтер CreatBotD600Pro

Fig. 2. 3D printer CreatBotD600Pro

В табл. 3 (рис. 3) представлены результаты прессовых испытаний прочностных и деформационных характеристик высокоточных физических моделей сотовых горных конструкций, изготовленных из пластика PLA, по технологии FDM печати на 3D-принтере Creat Boot D600Pro.

Таблица 2

**Технические характеристики 3D-принтера [16]**  
**3D printer performance specifications [16]**

Область печати, мм	600×600×600
Количество сопел, шт.	2
Диаметр сопла, мм	0,4 (0,3; 0,5; 0,8; 1,0 — опционально)
Минимальная толщина слоя по оси Z, мм	0,05
Точность позиционирования	ось XYZ — 0,01 мм
Скорость печати, мм/с	120
Скорость перемещения, мм/с	200
Температура экструдера, град.	до 420
Дополнительный подогрев рабочей камеры, град.	до 65
Авто калибровка уровня рабочего стола,	+
Встроенная система сушки пластика, град.	до 65
Температура подогрева стола, град.	до 100
Система фильтрации	пассивный HEPA фильтр
Диаметр нити, мм	1,75 мм
Наличие датчика филамента	+
ОС платформы	Windows, Linux, Mac OS, OSX

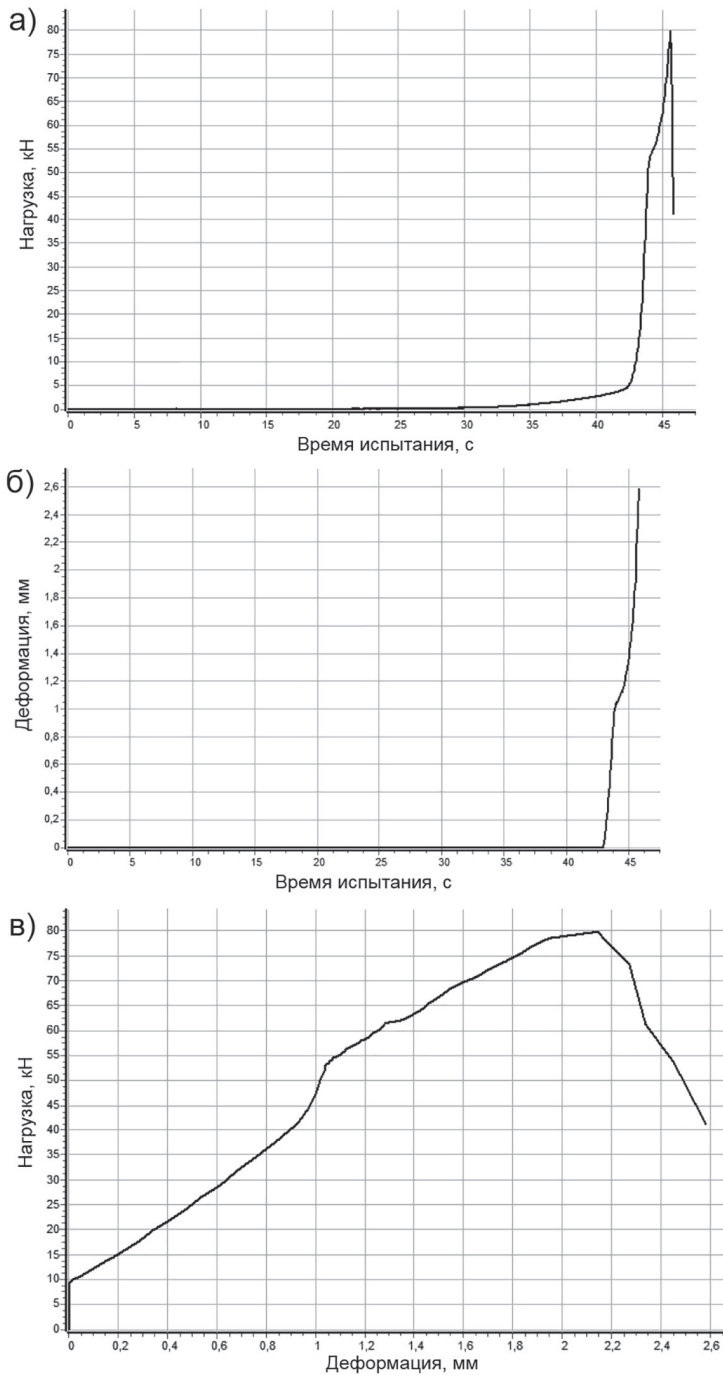


Рис. 3. Результаты испытания физической модели с 9 камерами круглого сечения: нагрузка, кН – время испытания, с (а); деформации, мм – время испытания, с (б); нагрузка, кН – деформация, мм (в)  
 Fig. 3. Testing data of physical models with 9 cells having circular cross-sections: load, kN – testing time, s (a); deformation, mm – testing time, s (b); load, kN – deformation, mm (v)

Таблица 3

**Средние значения прочностных и деформационных характеристик физических моделей сотовых конструкций**  
**Averaged strength and deformation characteristics of physical models of frame mine structures**

Тип модели	Максимальная нагрузка, кН	Максимальная деформация, мм	Предел прочности, Н/мм <sup>2</sup> (МПа)
1 камера прямоугольного сечения	25,427	6,083	2,543
1 камера круглого сечения	27,638	5,541	2,764
4 камеры прямоугольного сечения	40,794	5,525	4,079
4 камеры круглого сечения	50,758	3,364	5,076
9 камер прямоугольного сечения	76,062	2,161	7,606
9 камер круглого сечения	79,82	2,584	7,982

При отношении во всех экспериментах площади образца к площади пустот 50/50% наиболее удовлетворительные значения прочностных характеристик показала модель с камерами круглого сечения при их наибольшем количестве — 9 шт. Количество камер в модели влияет на ее прочность: более чем в три раза возрастает прочность при наличии 9 камер по отношению к 1; более чем в два раза при наличии 4 камер по отношению к 1. Следует отметить, что максимальная нагрузка, которую выдерживает сплошная модель без пустот, составляет 18,9 МПа.

### Выводы

Для физических моделей сотовых горных конструкций, изготовленных из пластика PLA по технологии FDM печати с заданными свойствами, получены прочностные и деформационные харак-

теристики. Экспериментальные исследования показали перспективность применения для изучения геомеханических процессов при разработке параметров новых горных технологий моделей разных конструкций.

Физическое моделирование позволяет выполнять исследования в широком диапазоне исходного напряженного состояния массива и свойств эквивалентных материалов.

Исследование методами физического моделирования, процесса и характера влияния нагрузок (вторичного поля напряжений) на конструктивные элементы создаваемых сотовых конструкций позволило: рассчитать устойчивые параметры систем, выявить их слабые места, определить направления, пути, дальнейшие шаги создания новых технологий и приступить к конструкторской и проектной работе.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трубецкой К. Н., Галченко Ю. П. Природоподобная геотехнология комплексного освоения недр: проблемы и перспективы. — М.: ООО «Научтехлитиздат», 2020. — 368 с.
2. Трубецкой К. Н., Мясков А. В., Галченко Ю. П., Еременко В. А. Обоснование и создание конвергентных горных технологий подземной разработки мощных месторождений твердых полезных ископаемых // Горный журнал. — 2019. — № 5. — С. 6—13.
3. Galchenko Yu. P., Eremenko V. A., Kosyreva M. A., Vysotin N. G. Features of secondary stress field formation under anthropogenic change in subsoil during underground mineral mining // Eurasian Mining. 2020, no. 1, pp. 9—13.

4. Еременко В. А., Аксенов З. В., Пуль Э. К., Захаров Н. Е. Исследование структуры вторичного поля напряжений призабойной части подготовительных выработок при проходке выбросоопасных пластов с использованием программы Map3D // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2020. — № 5. — С. 91–104. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-5-0-91-104.

5. Еременко В. А., Галченко Ю. П., Косырева М. А. Оценка влияния геометрических параметров традиционно применяемых и природоподобных систем подземной разработки рудных месторождений на исходное поле напряжений // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. — 2020, no. 3, pp. 98–109.

6. Galchenko Yu. P., Eremenko V. A. Evolution of secondary stress field during underground mining of thick ore bodies // Eurasian Mining. 2021, no. 1, pp. 21–24.

7. Кирпичев М. В. Теория подобия. — М.: АН СССР, 1953. — 96 с.

8. Arora K., Gutierrez M., Hedayat A. New physical model to study tunnels in squeezing clay-rich rock // Geotechnical Testing Journal. 2021, vol. 44, no. 6, article 20200081.

9. Arora K., Gutierrez M., Hedayat A. Physical modeling of lined tunnel in squeezing ground conditions / Geo-Congress 2020: Engineering, Monitoring and Management of Geotechnical Infrastructure. Minneapolis, 2020, pp. 335–344.

10. Jiang Q., Feng X., Song L., Gong Y., Zheg H., Cui J. Modeling rockspecimens through 3D printing: Tentative experiments and prospects // Acta Mechanica Sinica. 2015, vol. 32, no. 1, pp. 524–535.


11. Kong L., Ostadhassan M., Li C., Tamimi N. Rock physics and geomechanics of 3D printed rocks / ARMA 51st U.S. Rock Mechanics, Geomechanics Symposium. San Francisco, California, USA, 2017.

12. Gell E. M., Walley S. M., Braithwaite C. H. Review of the validity of the use of artificial specimens for characterizing the mechanical properties of rocks // Rock Mechanics and Rock Engineering. 2019, vol. 52, no. 9.

13. Еременко В. А., Галченко Ю. П., Высотин Н. Г., Лейзер В. И., Косырева М. А. Прочностные, деформационные и акустические характеристики физических моделей каркасных и сотовых горных конструкций // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. — 2020. — № 6. — С. 93–104.

14. Галченко Ю. П., Лейзер В. И., Высотин Н. Г., Якушева Е. Д. Обоснование методики лабораторных исследований вторичного поля напряжений при создании и применении конвергентной горной технологии подземной разработки каменной соли // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2019. — № 11. — С. 35–47. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-11-0-35-47.

15. Высотин Н. Г., Косырева М. А., Лейзер В. И., Аксенов З. В. Обоснование создания комплексного стенда для физического моделирования геомеханических процессов во вторичных полях напряжений в условиях разработки месторождений конвергентными горными технологиями // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2019. — № 10. — С. 131–145. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-10-0-131-145.

16. User manual CreatBot 3D Printer. Henan Suwei Electronics Technology Company, Limited, 2018. 41 p. 

## REFERENCES

1. Trubetskoy K. N., Galchenko Yu. P. Prirodopodobnaya geotekhnologiya kompleksnogo osvoeniya nedr: problemy i perspektivy [Nature-like geotechnology for integrated subsoil management: problems and prospects], Moscow, ООО «Naughtekhlitizdat», 2020, 368 p.

2. Trubetskoy K. N., Myaskov A. V., Galchenko Yu. P., Eremenko V. A. Creation and justification of convergent technologies for underground mining of thick solid mineral deposits. *Gornyi Zhurnal*. 2019, no. 5, pp. 6–13. [In Russ].

3. Galchenko Yu. P., Eremenko V. A., Kosyreva M. A., Vysotin N. G. Features of secondary stress field formation under anthropogenic change in subsoil during underground mineral mining. *Eurasian Mining*. 2020, no. 1, pp. 9–13.
4. Eremenko V. A., Aksenov Z. V., Pul E. K., Zakharov N. E. MAP 3D analysis of secondary stress field structure in face area of development headings in rockburst-hazardous seams. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020, no. 5, pp. 91–104. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-5-0-91-104.
5. Eremenko V. A., Galchenko Yu. P., Kosyreva M. A. Effect of mining geometry on natural stress field in underground ore mining with conventional and nature-like technologies. *Fiziko-tekhnicheskiye problemy razrabotki poleznykh iskopayemykh*. 2020, no. 3, pp. 98–109. [In Russ].
6. Galchenko Yu. P., Eremenko V. A. Evolution of secondary stress field during underground mining of thick ore bodies. *Eurasian Mining*. 2021, no. 1, pp. 21–24.
7. Kirpichev M. V. *Teoriya podobiya* [Similarity theory], Moscow, AN SSSR, 1953, 96 p.
8. Arora K., Gutierrez M., Hedayat A. New physical model to study tunnels in squeezing clay-rich rock. *Geotechnical Testing Journal*. 2021, vol. 44, no. 6, article 20200081.
9. Arora K., Gutierrez M., Hedayat A. Physical modeling of lined tunnel in squeezing ground conditions. *Geo-Congress 2020: Engineering, Monitoring and Management of Geotechnical Infrastructure*. Minneapolis, 2020, pp. 335–344.
10. Jiang Q., Feng X., Song L., Gong Y., Zheg H., Cui J. Modeling rockspecimens through 3D printing: Tentative experiments and prospects. *Acta Mechanica Sinica*. 2015, vol. 32, no. 1, pp. 524–535.
11. Kong L., Ostadhassan M., Li C., Tamimi N. Rock physics and geomechanics of 3D printed rocks. *ARMA 51st U.S. Rock Mechanics, Geomechanics Symposium*. San Francisco, California, USA, 2017.
12. Gell E. M., Walley S. M., Braithwaite C. H. Review of the validity of the use of artificial specimens for characterizing the mechanical properties of rocks. *Rock Mechanics and Rock Engineering*. 2019, vol. 52, no. 9.
13. Eremenko V. A., Galchenko Yu.P., Vysotin N. G., Leyzer V. I. Kosyreva M. A. Strength, deformation and acoustic characteristics of physical models of frame and honeycomb underground structures. *Fiziko-tekhnicheskiye problemy razrabotki poleznykh iskopayemykh*. 2020, no. 6, pp. 93–104. [In Russ].
14. Galchenko Yu. P., Leizer V. I., Vysotin N. G., Yakusheva E. D. Procedure justification for laboratory research of secondary stress field in creation and application of convergent technology for underground mining of rock salt. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019, no. 11, pp. 35–47. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-11-0-35-47.
15. Vysotin N. G., Kosyreva M. A., Leyzer V. I., Aksenov Z. V. Design rationale for engineering multipurpose bench for physical simulation of geomechanical processes in secondary stress fields under conditions of mining with convergent geotechnologies. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019, no. 10, pp. 131–145. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-10-0-131-145.
16. *User manual CreatBot 3D Printer*. Henan Suwei Electronics Technology Company, Limited, 2018. 41 p.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Лейзер Владислав Игоревич<sup>1</sup> – аспирант,  
e-mail: vlad.leizer@yandex.ru,  
Янбеков Амир Маратович<sup>1</sup> – аспирант,  
e-mail: yanbekov@mail.ru,  
Умаров Абдулжалил Рамисович<sup>1</sup> – аспирант,  
e-mail: flek1231998@mail.ru,



Вишнякова Карина Михайловна<sup>1</sup> — студент,

e-mail: karina-vishnyakova00@yandex.ru,

<sup>1</sup> ГИ НИТУ «МИСиС».

Для контактов: Лейзер В.И., e-mail: vlad.leizer@yandex.ru.

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

V.I. Leizer<sup>1</sup>, Graduate Student, e-mail: vlad.leizer@yandex.ru,

A.M. Yanbekov<sup>1</sup>, Graduate Student, e-mail: yanbekov@mail.ru,

A.R. Umarov<sup>1</sup>, Graduate Student, e-mail: flek1231998@mail.ru,

K.M. Vishnyakova<sup>1</sup>, Student, e-mail: karina-vishnyakova00@yandex.ru,

<sup>1</sup> Mining Institute, National University of Science and Technology «MISiS»,  
119049, Moscow, Russia.

Corresponding author: V.I. Leizer, e-mail: vlad.leizer@yandex.ru.

Получена редакцией 06.09.2021; получена после рецензии 10.09.2021; принята к печати 10.10.2021.

Received by the editors 06.09.2021; received after the review 10.09.2021; accepted for printing 10.10.2021.



---

## ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК)

---

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ РАССТОЯНИЯ ОТ ЗАБОЯ ДО ПЕРЕКРЫТИЯ СЕКЦИИ КРЕПИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПОРОД НЕПОСРЕДСТВЕННОЙ КРОВЛИ

(2021, № 7, СБ 12, 16 с.)

Турбор Ирина Александровна<sup>1</sup> — соискатель, Турук Юрий Владимирович<sup>1</sup> — д-р техн. наук, профессор,  
Шурыгин Дмитрий Николаевич<sup>1</sup> — д-р техн. наук, профессор, e-mail: shurygind@mail.ru,

<sup>1</sup> Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова.

Приведен анализ исследований геомеханических процессов при отработке угольных пластов на больших глубинах и основных закономерностей перераспределения напряжений на различных этапах развития горных работ. Применен метод теории упругости анизотропного тела (метод механики горных пород), позволяющий определить распределение напряжений и деформаций массива горных пород. Установлено влияние изменения расстояния от забоя до перекрытия секции крепи на напряженно-деформированное состояние массива горных пород и выявлены закономерности изменения напряженно-деформированного состояния массива горных пород при ведении очистных работ в комплексно-механизированных очистных забоях. Напряжения в рабочей зоне возрастают по абсолютной величине по мере удаления от груди забоя в глубь массива и могут превысить предел прочности породы. Следовательно, запаздывание крепления приводит к нарушению устойчивости пород непосредственной кровли в призабойной части и образованию вывалов.

Ключевые слова: очистной забой, механизированная крепь, секции крепи, горные породы, кровля, теория упругости, вертикальные напряжения, горизонтальные напряжения, изолинии.

### INVESTIGATION OF INFLUENCE OF CHANGES IN DISTANCE FROM BOTTOM TO OVERLAP OF SUPPORT SECTION ON THE STABILITY OF ROCKS OF IMMEDIATE ROOF

I.A. Turbor<sup>1</sup>, Applicant, Yu.V. Turuk<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Eng.), Professor, D.N. Shurygin<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Eng.), Professor,

<sup>1</sup> Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), 346428, Novocherkassk, Russia.

The analysis of studies of geomechanical processes in the development of coal seams at great depths and the main patterns of stress redistribution at various stages of mining development is presented. In the study, the method of the theory of elasticity of an anisotropic body is used to determine the distribution of stresses and deformations of the rock mass. The influence of changes in the distance from the bottom to the overlap of the support section on the stress-strain state of the rock mass is established and the regularities of changes in the stress-strain state of the rock mass during the conduct of cleaning operations in complex-mechanized treatment faces are revealed. Stresses in the working area increase in absolute magnitude as they move away from the bottom of the face into the depth of the mass and may exceed the ultimate strength of the rock. Consequently, the delay in fixing leads to a violation of the stability of the rocks of the immediate roof in the bottom-hole part and the formation of fallouts.

Key words: cleaning face, mechanized support, support sections, rocks, roof, elasticity theory, vertical stresses, horizontal stresses, isolines.