

# Опыт поддержания горных выработок при влиянии подработки в условиях шахты «Распадская»

DOI: 10.18796/0041-5790-2015-10-00-00

## РАЗУМОВ Евгений Анатольевич

Технический директор ООО «РАНК 2»,  
653004, г. Прокопьевск, Россия,  
e-mail: razumovea@rank42.ru

## ГРЕЧИШКИН Павел Владимирович

Научный сотрудник ИУ СО РАН, канд. техн. наук,  
650065, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: pv\_grechishkin@mail.ru

## ОПРУК Глеб Юрьевич

Научный сотрудник ИУ СО РАН, канд. техн. наук,  
650065, г. Кемерово, Россия,  
e-mail: opruk@yandex.ru

## ДУДИН Артём Александрович

Заместитель технического директора ООО «РАНК 2»,  
653004, г. Прокопьевск, Россия,  
e-mail: dudinaa@rank42.ru

## ВЕНГЕР Вячеслав Геннадьевич

Специалист по анкерному креплению ООО «РАНК 2»,  
653004, г. Прокопьевск, Россия,  
e-mail: slavavenger@mail.ru

Представлен опыт сохранения путевого и конвейерного штреков при подработке пласта в условиях шахты «Распадская». Обоснованы параметры усиления крепи участков выработок, попадающих в зону влияния подработки. Представлены расчетные схемы крепления экспериментальных участков выработок. Приведены результаты мониторинга состояния выработок после завершения активной фазы сдвижения горных пород в результате подработки. На основании оценки состояния выработок после завершения смещений массива пород установлено, что деформации их контура по подрабатываемому пласту находятся в допустимых пределах, подтверждено повышение эффективности сохранения выработок с применением анкерной крепи.

**Ключевые слова:** анкерная крепь, зона влияния подработки, способы охраны горных выработок, канатный анкер.

Важнейшим условием высокоэффективной и безопасной работы шахты является обеспечение рабочего состояния всей сети горных выработок в течение срока службы. Потребность поддержания рабочего состояния магист-

ральных выработок с длительным сроком эксплуатации на вышележащих пластах в течение всего срока их службы постоянно возрастает в связи с переходом горных работ на большие глубины и в более сложные горно-геологические условия.

При подработке горных выработок геодинамические процессы охватывают всю вышележащую толщу горных пород над соответствующими горными выработками, вызывая оседание поверхности в границах мульды сдвижения.

В общем случае влияние подработки на горную выработку сводится к следующему. Попадая в переднюю зону, выработка испытывает влияние пониженных напряжений, сравнительно близких к  $n_{cp} \cdot H$  (где:  $n_{cp}$  — средний удельный вес горных пород;  $H$  — глубина от земной поверхности). В зоне опорных давлений, возникающих на передних границах расслоений, происходит сложное нагружение крепи горной выработки. В зоне разломов и опусканий пород крепление выработки испытывает резкую разгрузку, происходят большие деформации, разломы и опускания, затем выработка попадает в заднюю зону опорного давления вблизи границ разломов, где нагрузки возрастают [1, 2].

Нормативные документы [3, 4] содержат порядок расчета параметров крепи только для выработок, проводимых в полностью подработанных массивах после завершения процессов сдвижения. В соответствии с планом развития горных работ шахты «Распадская» в зону подработки попали две выработки: путевого штрека №3-10 и конвейерный штрек №3-10 (рис. 1).

Поэтому возникла необходимость проведения исследований по сохранению выработок с применением анкерной крепи в зоне влияния от подработки. Горно-геологическая характеристика пластов представлена в табл. 1.

Для выполнения расчета по усилению крепи конвейерного штрека №3-10 и путевого штрека №3-10 пласта 10 необходимо определить степень влияния подработки пластом 9 вышележащего пласта 10 (рис. 2) [5, 6].

Результаты расчета параметров зоны влияния подработки при ведении очистных работ по пласту 9 представлены в табл. 2.

Анализ результатов расчетов показал, что при ведении очистных работ по пласту 9 в зону полных сдвижения пород попадает пласт 10, а также частично междупластье пластов 9 и 10, в зону интенсивной трещиноватости попадает междупластье пластов 9 и 10, в зону беспорядочного обрушения пород, при отработке нижележащего пласта, вышележащий пласт не попадает.

Оседание подрабатываемых углепородных массивов происходит по закону [7]:

$$u_{(y)} = m_B \cdot e^{-ky} \quad (1)$$

Таблица 1

## Горно-геологическая характеристика пластов

| Вынимаемая мощность,<br>$m_e$ (м)         | Глубина удаления от<br>дневной поверхности,<br>$H$ (м) | Расстояние до вышеле-<br>жащего пласта,<br>$h_{м.п.}$ (м) | Угол падения, $\alpha$<br>(градус) | Непосредственная кровля                      |                    |                                                                 |                                                         | Основная кровля                   |                    |                                                                 |                                               |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
|                                           |                                                        |                                                           |                                    | Характеристика пород<br>(литотип)            | Мощность $h_n$ (м) | Коэффициент крепос-<br>ти пород по шкале<br>Протодьяконова, $f$ | $\sigma_{ск}$ алевролитов<br>непосредственной<br>кровли | Характеристика пород<br>(литотип) | Мощность $h_n$ (м) | Коэффициент крепос-<br>ти пород по шкале<br>Протодьяконова, $f$ | $\sigma_{ск}$ песчаников основ-<br>ной кровли |
| Характеристика подрабатываемого пласта 10 |                                                        |                                                           |                                    |                                              |                    |                                                                 |                                                         |                                   |                    |                                                                 |                                               |
| 2,2                                       | 135-250                                                | -                                                         | 6-10                               | Алевролит: мелкозернистый<br>крупнозернистый | 0-6<br>5-19        | 4-6                                                             | 35-45                                                   | Песчаник                          | 0-4                | 7-9                                                             | 68,9                                          |
| Характеристика подрабатывающего пласта 9  |                                                        |                                                           |                                    |                                              |                    |                                                                 |                                                         |                                   |                    |                                                                 |                                               |
| 1,86                                      | 238-308                                                | 41-43                                                     | 6-10                               | Алевролит мелкозернистый                     | 2-6                | 4-6                                                             | 40,9                                                    | Песчаник                          | 25-29              | 7-9                                                             | 67,8                                          |

Таблица 2

## Результаты расчета параметров зоны влияния подработки при ведении очистных работ по пласту 9

| Наименование параметров                                         | Пласт 9 |
|-----------------------------------------------------------------|---------|
| Угол полных сдвижений пород со стороны падения пласта, градус   | 48      |
| Угол полных сдвижений пород со стороны восстания пласта, градус | 51      |
| Угол максимального оседания пород, градус                       | 81      |
| Высота зоны беспорядочного обрушения пород ( $h_{б.о.}$ ), м    | 9,3     |
| Высота зоны интенсивной трещиноватости ( $h_{и.тр.}$ ), м       | 28      |
| Высота полных сдвижений пород ( $h_{н.с.}$ ), м                 | 78-112  |
| Угол залегания пласта, градус                                   | 6-10    |
| Расстояние до вышележащего пласта, м                            | 41-43   |

где:  $u_{(y)}$  — оседание массива;  $m_b$  — мощность подрабатываемого пласта;  $y$  — удаление слоя подрабатываемого массива от поверхности пласта (слоя вынимаемого);  $k$  — коэффициент, который зависит от физико-механических свойств пород подрабатываемого массива.

Результаты расчета деформаций при подработке пласта 10 пластом 9 приведены в табл. 3.

Оценка степени деформации пород производится путем сравнения фактических деформаций с критическими значениями. В случаях превышения фактическими деформациями критических значений породы считаются деформированными. Наиболее опасными являются горизонтальные деформации, создающие вертикальные и кососекающие трещины. Безопасные вертикальные деформации для анизотропных горных пород могут составлять 20-25 мм/м, а горизонтальные 2-4 мм/м [7]. Угольные пласты в силу повышенных пластических свойств, с крепкими песчаниками в кровле, имеют критические деформации значительно выше приведенных (более чем в 5-7 раз).

Безопасная высота подработки выработок, закрепленных податливой и жесткой крепью, значительно больше мощности междупластия между пластами 9 и 10, а значит, надежной защиты подрабатываемых выработок, закрепленных анкерной и податливой крепью, не обеспечивается [3].

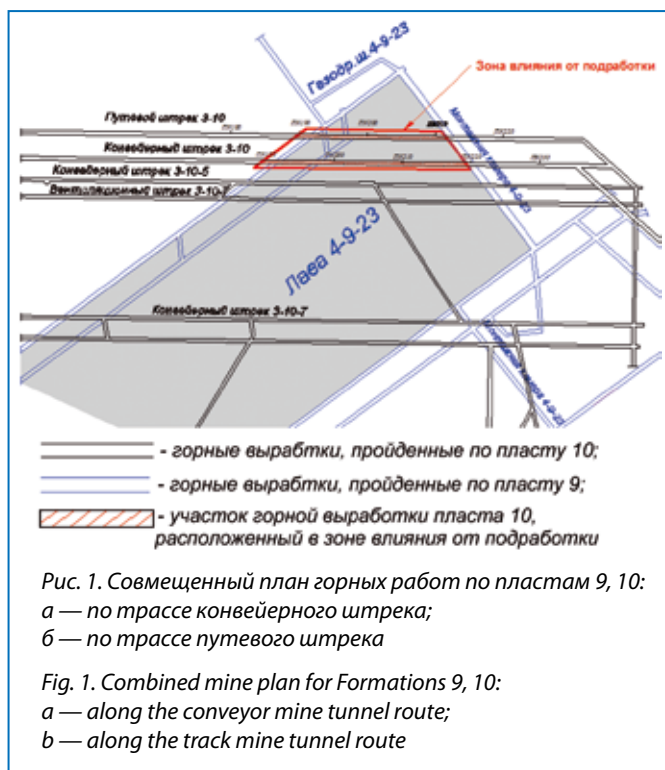


Таблица 3

## Расчетные деформации пород при подработке массива пластом 9

| Удаление от пласта, $y$ (м) | Оседание пород, $u$ (м) | Деформации пород, (мм/м)      |                                 |                                                   |
|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------|
|                             |                         | Расчетные вертикальные, $E_v$ | Расчетные горизонтальные, $E_z$ | Критические растягивающие деформации, $E_{р.кр.}$ |
| 43 (лава пласта 9)          | 0,79                    | 15,8                          | 0,7                             | 0,8-1,02                                          |

Для охраны выработок от вредного воздействия очистных работ необходимо применять в комплексе меры охраны выработок и конструктивные меры защиты крепи. Выбор мер охраны и защиты следует производить на основе сравнения ожидаемых сдвижений горного массива и смещений по контуру выработки с допускаемыми деформациями выработки и крепи по условиям эксплуатации.

Специалистами ООО «РАНК 2» был выполнен расчет усиления крепи на участках путевого и конвейерного №3-10 штреков, попадающих в зону подработки с использованием отдельных положений Инструкции [4]. Инструкция не содержит порядка расчета усиления крепи для описываемого случая, однако выполненные расчеты и проведенные опытно-промышленные работы подтверждают возможность сохранения выработок в заданных условиях.

Величину смещений пород в выработках полевых и пластовых, проводимых в нетронутым массиве и попадающих после подработки нижележащими пластами в зону над выработанным пространством, определяют по формуле, [3]:

$$U = k_{\alpha} \cdot k_0 \cdot k_s \cdot k_b \cdot (k_t \cdot U_t + k_l \cdot U_l + 12 \cdot v_n \cdot k_{t1}), \quad (2)$$

где:  $U_n$  — смещения пород в зоне влияния временного опорного давления подрабатывающей лавы;  $k_l$  — коэффициент, учитывающий литологический состав толщи пород между выработкой и подрабатываемым пластом;  $v_n$  — скорость смещения пород в выработке после подработки, принимаемая  $1,2 \cdot v_n$ ;  $k_{t1}$  — коэффициент влияния времени поддержания выработки после подработки;  $k_{\alpha}$ ,  $k_0$ ,  $k_s$ ,  $k_b$ ,  $k_t$  и  $U_t$  — величины, определяемые по «Указаниям...», [3].

По результатам расчета были проведены работы по усилению крепи участков конвейерного и путевого штреков, попадающих в зону подработки. Усиление крепи проводилось канатными анкерами АК02 ампульно-нагнетательного закрепления длиной по 7 м. (два канатных анкера в ряду с шагом установки рядов — 0,5 м, один ряд устанавливается

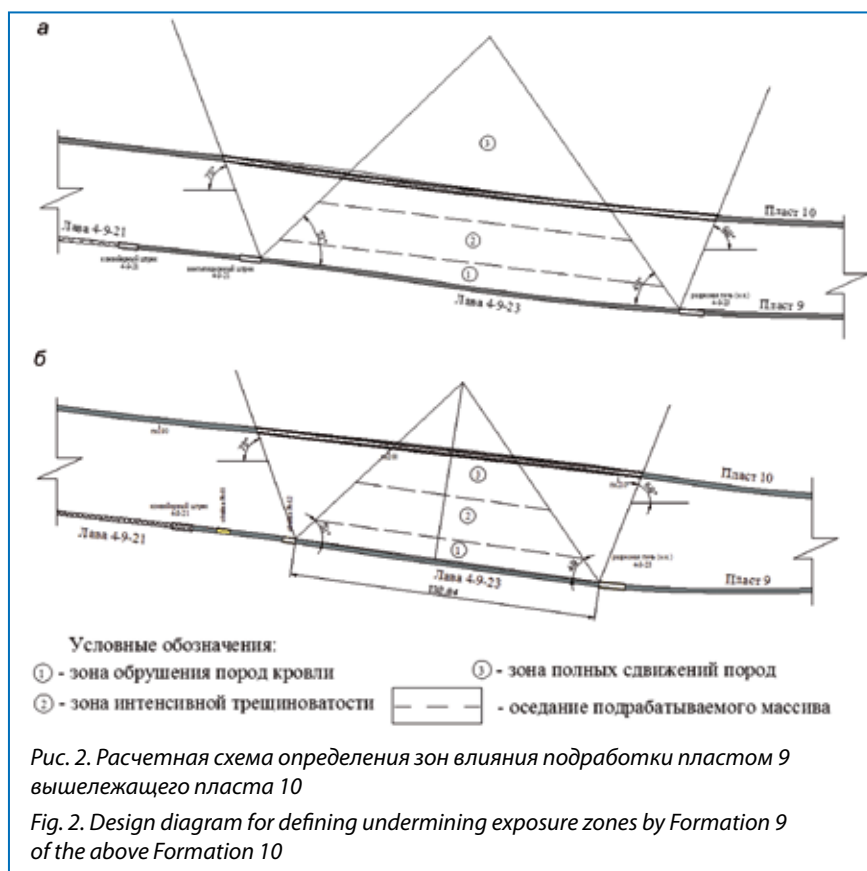


Рис. 2. Расчетная схема определения зон влияния подработки пластом 9 вышележащего пласта 10

Fig. 2. Design diagram for defining undermining exposure zones by Formation 9 of the above Formation 10

под опорные шайбы, следующий ряд в верхняк подпорной крепи) и подпорной крепью из спецпрофиля СВП-22 со средней стойкой, шаг установки рам — 1 м (рис. 3).

После прохода лавы №4-9-23 было проведено обследование подработанных горных выработок. По результатам обследования состояния крепи горных выработок: путевого штрека №3-10 в интервалах ПК183-ПК218 и конвейерного штрека №3-10 в интервалах ПК183-ПК226, после подработки лавой №4-9-23 было установлено, что:

— фактические параметры крепи соответствуют паспортным;

— активная стадия смещения пород и влияние очистных работ лавы №4-9-23 на контур путевого штрека №3-10 в интервале ПК183-ПК218 и конвейерного штрека №3-10 в интервале ПК183-ПК226 на момент обследования закончились (четыре месяца после подработки);

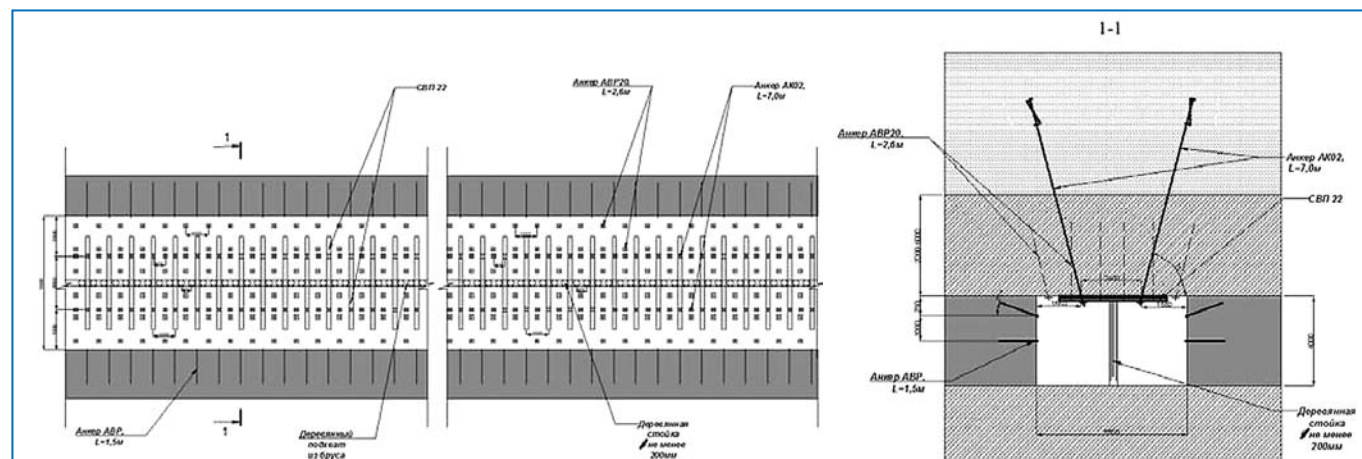


Рис. 3. Схема крепи конвейерного №3-10 и путевого №3-10 штреков в зоне подработки лавой №4-9-23

Fig. 3. Conveyor (No. 3-10) and track (No. 3-10) mine tunnel roof support fastening diagram in the area of undermining by face No. 4-9-23



— крепи путевого штрека №3-10 и конвейерного штрека 3-10 на экспериментальных участках находятся в удовлетворительном состоянии;

— глубинные реперы РГ-3, установленные на глубину 8 м, показали допустимые смещения пород кровли: в пределах 50 мм по каждому индикатору.

Таким образом, на основании результатов проведенной работы можно сделать следующие выводы:

- приведенные показатели ожидаемых величин влияния от подработки допустимы для безопасной эксплуатации выработок после их подработки;
- оседание массива от подработки штреков пласта 10 не превысило 0,8 м, что соответствует расчетным параметрам;
- смещения контура закрепленной анкерами кровли выработок по подрабатываемому пласту над краевыми частями нижележащего пласта не превысили 100 мм после завершения процессов сдвижения углепородного массива;
- установлено, что после окончания процессов сдвижения массива пород фактические параметры, подработанных горных выработок соответствуют паспортным, состояние крепи удовлетворительное;
- в зоне влияния от подработки массива пород подтверждено повышение эффективности сохранения выработок с применением анкерной крепи.

## Список литературы

1. Борисов А. А. Механика горных пород и массивов. М.: Недра, 1980. 360 с.
2. Борисов А. А. Взаимодействие выработок при разработке свит пластов. Л.: ЛГИ, 1980.
3. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР. Л.: ВНИМИ, 1986.
4. Приказ Ростехнадзора «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности от 17.12.2013 г. №610 «Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах Российской Федерации» [Электронный ресурс] // Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору РФ. 2013. 195 с. [Интернет-портал]. URL: <http://minjust.consultant.ru/page.aspx71094937> (дата обращения: 31.07.2015 г.);
5. Указания по управлению горным давлением в очистных забоях под (над) целиками и краевыми частями при разработке свиты угольных пластов мощностью до 3,5 м с углом залегания до 35°. Л.: ВНИМИ, 1984. 62 с.
6. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях. М.: Недра, 1998. 290 с.
7. Теория защитных пластов / И. М. Петухов, А. М. Линьков, В. С. Сидоров и др. М.: Недра, 1976. 223 с.

## UNDERGROUND MINING

UDC 622.281.74:622.33.012.2 «Raspadskaya» © E. A. Razumov, P. V. Grechishkin, G. Yu. Opruk, A. A. Dudin, V. G. Vegner, 2015  
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' — Russian Coal Journal, 2015, № 10, pp. 00-00

### Title

**EXPERIENCE IN MAINTAINING MINE WORKINGS AFFECTED BY UNDERMINING AT THE RASPADSKAYA MINE CONDITIONS**

**DOI:** 10.18796/0041-5790-2015-10-00-00

### Authors

Razumov E. A.<sup>1</sup>, Grechishkin P. V.<sup>2</sup>, Opruk G. Yu.<sup>2</sup>, Dudin A. A.<sup>1</sup>, Vegner V. G.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> RANK 2 LLC, Prokopyevsk, 653004, Russian Federation

<sup>2</sup> Russian Academy of Sciences' Institute of Coal (Siberian Subsidiary), Kemerovo, 650065, Russian Federation

### Authors' Information

**Razumov E. A.**, Technical Director, e-mail: [razumovea@rank42.ru](mailto:razumovea@rank42.ru)

**Grechishkin P. V.**, Ph. D.(Engineering), Research Fellow, e-mail: [pv\\_grechishkin@mail.ru](mailto:pv_grechishkin@mail.ru)

**Opruk G. Yu.**, Ph. D.(Engineering), Research Fellow, e-mail: [opruk@yandex.ru](mailto:opruk@yandex.ru)

**Dudin A. A.**, Deputy Technical Director, e-mail: [dudinaa@rank42.ru](mailto:dudinaa@rank42.ru)

**Vegner V. G.**, Anchorage Specialist, e-mail: [slavavenger@mail.ru](mailto:slavavenger@mail.ru)

### Abstract

The experience of saving track and conveyor mine tunnels during formation undermining at the Raspadskaya mine is presented. Roof support reinforcement parameters for mine workings affected by undermining are substantiated. Design diagrams for experimental development section fastening are provided. Results of the development condition monitoring, following the completion of an active phase of rock displacement due to undermining, are presented. Based on the assessment of the development condition following the completion of rock displacements, it was established that the development pattern deformations for the undermining layer are within acceptable limits, and the increased efficiency of the working conservation by roof bolting has been confirmed.

### Figures:

Fig. 1. Combined mine plan for Formations 9, 10: a — along the conveyor mine tunnel route; b — along the track mine tunnel route

Fig. 2. Design diagram for defining undermining exposure zones by Formation 9 of the above Formation 10

Fig. 3. Conveyor (No. 3-10) and track (No. 3-10) mine tunnel roof support fastening diagram in the area of undermining by face No. 4-9-23

### Keywords

Roof Bolting, Undermining Exposure Zone, Mine Working Protection Methods, Cable Anchor.

### References

1. Borisov A. A. Rock and Rock Mass Mechanics [Mekhanika Gornyx Porod i Massivov]. Moscow, Nedra — Mineral Resources, 1980, 360 p.
2. Borisov A. A. Interaction of Developments during Reservoir Sequence Development [Vzaimodeistviye Vyrabotok pri Razrabotke Svit Plastov]. Leningrad, LGI — LMI, 1980.
3. Guidelines for Effective Deployment, Protection and Maintenance of Mine Workings at the USSR Coal Mines [Ukazaniya po Ratsionalnomu Raspolozheniyu, Okhrane i Podderzhaniiyu Gornyx Vyrabotok na Ugolnykh Shakhtakh SSSR]. Leningrad, VNIIMI, 1986.
4. Rostekhnadzor Order «On Approval of Federal Industrial Safety Codes and Regulations» [Ob Utverzhdenii Federalnykh Norm i Pravil v Oblasti Promyshlennoy Bezopasnosti] dtd 17.12.2013, No. 610 «Instruction on Calculation and Use of Roof Bolting in Coal Mines of the Russian Federation» [Instruktsiya po Raschetu i Primeneniyu Ankernoy Krepi na Ugolnykh Shakhtakh Rossiyskoy Federatsii] [Electronic resource]. RF Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision, 2013, 195 p. [Internet portal]. URL: <http://minjust.consultant.ru/page.aspx71094937> (inquiry date: 31.07.2015).
5. Guidelines for Rock Pressure Control in Working Faces Below (Above) Solid Blocks and Edge Portions during the Development of Coal-Bed Suites with a Thickness of up to 3.5 m and a Bedding Angle of up to 35° [Ukazaniya po Upravleniyu Gornym Davleniem v Ochistnykh Zaboyakh pod (nad) Tselikami i Kraevymi Chastiyami pri Razrabotke Svit Ugolnykh Plastov Moshchnostyu do 3,5 m s Ugolom Zaleganiya do 35°]. Leningrad, VNIIMI, 1984, 62 p.
6. Regulations for Protecting Structures and Natural Objects from Harmful Influence of Underground Mining at Coal Deposits [Pravila Okhrany Sooruzheniy i Prirodnykh Obyektov ot Vrednogo Vliyaniya Podzemnykh Gornyx Razrabotok na Ugolnykh Mestorozhdeniyakh]. Moscow, Nedra — Mineral Resources, 1998, 290 p.
7. Petukhov I. M., Linkov A. M., Sidorov V. S., et. al. Theory of Protective Layers [Teoriya Zashchitnykh Plastov]. Moscow, Nedra — Mineral Resources, 1976, 223 p.