

В.А. Ткачев, В.Г. Черных, Ю.А. Прозорова

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПУЧЕНИЕ ПОЧВЫ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

Проведен анализ состояния пучения почвы выемочных штреков. Выявлено, что поднятие пород почвы подвержены 27% [1] всех эксплуатируемых выработок. Указаны основные причины пучения почвы выработок. Приведены результаты теоретических и шахтных исследований пучения почвы в выемочных штреках. Получены многофакторные корреляционные зависимости, позволяющие прогнозировать пучение почвы выемочных штреков в условиях Российского Донбасса.

Ключевые слова: анализ, выработка, охрана выработки, пучение почвы.

Дальнейшее развитие добычи угля неизбежно сопряжено с переходом горных работ на все более глубокие горизонты. А это, в свою очередь, ведет к увеличению интенсивности проявлений горного давления в подготовительных выработках и ухудшению их состояния. Как показывает опыт работы шахт, состояние подготовительных выработок не только определяет объем ремонтных работ, но и в определенной степени влияет на работу транспорта, а вместе с этим, и на работу очистных забоев, приводя к простоям последних и к удорожанию угля.

На шахтах Российского Донбасса 60% разрабатываемых шахтопластов подвержены пучению пород почвы. Поднятие пород почвы происходит в более 27% всех эксплуатируемых выработках. Из общей протяженности около 85% расположено в зоне влияния очистных работ. Поднятию пород почвы в наибольшем объеме подвержены выемочные штреки.

Исследования, проведенные О. Якоби [2] показали, что поднятие пород почвы штрека происходит либо за счет выдавливания породы в контур поперечного сечения выработки (80% выемочных штреков шахт Восточного Донбасса), либо за счет

вспучивания пород почвы. Вспучивание обусловлено наличием влаги. В первом случае пучение заключается в постепенном расслоении пород вглубь почвы по поверхностям ослабления, продольно-поперечному изгибу и разрушению отделившихся слоев и толщ под действием опорного давления, сосредоточенного в боках выработки.

По мере роста опорного давления выдавливанием и разрушением вглубь почвы охватываются нижележащие слои и толщи пород до тех пор, пока длительная прочность пород не окажется больше действующих в них напряжений. Во втором случае пучение сводится к пластическому выдавливанию пород внутрь выработки без нарушения и с нарушением их сплошности.

Для решения вопроса о выборе способов обеспечения устойчивости подготовительных выработок применительно к конкретным условиям той или иной шахты необходимо, прежде всего, комплексно подходить к решению проблемы.

Так как подготовительная выработка в разное время находится в различных геомеханических условиях, поэтому подход к степени эффективности крепи подготовительной выработки должен быть дифференцирован.

На первом этапе функционирования выемочного штрека, когда он находится вне зоны влияния очистных работ, возможно применение технологий, обеспечивающих их устойчивость с низкой степенью капитальности. К числу таких технологий относятся: понижение напряжений на контуре выработки за счет выбора наиболее эффективной формы поперечного сечения и контурного взрывания; применение анкерных крепей, включающих в работу массив пород.

На втором этапе функционирования подготовительной выработки — в зоне влияния очистных работ, необходимо повысить степень капитальности крепления за счет установки крепи усиления.

Авторами были проведены исследования влияния горно-геологических и горнотехнических факторов на пучение почвы выемочных штреков. Экспериментальные участки охватывали весь диапазон горно-геологических и горнотехнических условий пластов Восточного Донбасса. Для регистраций смещений контура выработки и отдельных слоев кровли в выемочных штреках были оборудованы измерительные станции средней сложности (по классификации ВНИМИ). В результате замеров определялись величины смещения пород почвы выемочных штреков.

Анализ полученных данных показал, что пучение пород в выемочных штреках зависит, в основном, от вещественного состава, структуры, текстуры и прочности пород, глубины залегания выработок, опорного давления, сечения и ширины выработки, способа охраны и порядка ведения очистных работ [3].

Пучением охвачены все литологические типы пород – аргиллиты, алевролиты и песчаники. Породы преимущественно слоистые и трещиноватые, мощность слоев и расстояние между трещинами не превышает 0,30–0,40 м.

В связи с тем, что на устойчивость почвы выемочного штрека совместно влияет значительное число факторов, а подбор данных с одним влияющим фактором при постоянных значениях остальных не представляется возможным, в качестве математического аппарата исследования принимается метод множественной корреляции.

В качестве фактора функции принято пучение почвы выемочного штрека ($Y = U_{\max}$, мм) после прохода очистного забоя и наступления периода стабилизации.

Основными факторами-аргументами, влияющими на конечную величину пучения почвы, были приняты: $X_1 = m$ – вынимаемая мощность пласта, м; $X_2 = \gamma H / \sigma_{\text{сж.п}}$ – критерий устойчивости пород почвы; $X_3 = l$ – пролет выемочного штрека до охранной конструкции, м; $X_4 = b$ – ширина угольного целика (м), или количество рядов железобетонных тумб или буткоостров, штук; $X_5 = q$ – сопротивление крепи, кН/м².

Так как на устойчивость почвы выемочных штреков большое влияние оказывает способ их охраны от воздействия очистных работ [3], результаты шахтных исследований сначала были разделены на группы с одинаковыми способами охраны выемочных штреков, а также по классу кровли по обрушаемости. Данный фактор не был учтен в ранее проведенных исследованиях О.А. Туркеничевой [4]. Исходные данные обработаны на ЭВМ при помощи специальной программы множественной корреляции. Анализировалась модель вида:

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i \cdot f(x_i), \quad (1)$$

где $f(x_i) = \left[x; x^2; x^3; \frac{1}{x}; \frac{1}{x^2}; e^{kx}; \ln(x); \right]$.

Вид функций, входящих в уравнение (1), находился путем логического анализа результатов экспериментальных исследований, полученных авторами, а также литературных данных о

характере влияния рассматриваемых факторов в других угольных бассейнах. Затем из ряда выражений, полученных в результате математической обработки при различных сочетаниях видов функций влияющих факторов, выбиралась наиболее адекватная зависимость.

Для каждого из вариантов были получены: средние значения факторов; среднеквадратическое отклонение факторов; матрица парных корреляционных отношений по приведенным выше функциям; множественное корреляционное отношение (R) и коэффициенты уравнений регрессии в стандартизированном масштабе.

Значимость полученных зависимостей оценивалась при помощи критерия Фишера (F) и критерия Стьюдента (t).

Были получены следующие корреляционные зависимости для выемочных штреков со способом охраны:

- массив – целик (среднеобрушаемая кровля):

$$U_{max} = 35,8m^3 - \frac{124}{\sigma_{ск}} \frac{\gamma h}{l} - 9,87b - 2,35q + 1615$$

$$R = 0,7; F = 1,99; t = 3,45$$

- массив – целик (труднообрушаемая кровля):

$$U_{max} = 51,64m + 897 \left(\frac{\gamma h}{\sigma_{ск}} \right)^2 - 224 \ln(l) + \frac{4252}{b} - 79 \ln(q) + 530$$

$$R = 0,89; F = 5; t = 11$$

- массив – тумбы БДБ (среднеобрушаемая кровля):

$$U_{max} = 48,36m^3 + 897,7 \ln \left(\frac{\gamma h}{\sigma_{ск}} \right) - \frac{5560}{l} -$$

$$-149 \ln(b) - 436 \ln(q) + 4844$$

$$R = 0,92; F = 6,8; t = 15,4$$

- массив – тумбы БДБ (труднообрушаемая кровля):

$$U_{max} = 389,9m^2 + 2236 \left(\frac{\gamma h}{\sigma_{ск}} \right)^2 + 2,25l^2 + \frac{540}{b} + \frac{37550}{q} - 742$$

$$R = 0,82; F = 3,1; t = 6,05$$

- массив – железобетонные тумбы (среднеобрушаемая кровля):

$$U_{max} = 1427m + 521,8 \frac{\gamma h}{\sigma_{ск}} + 1,87l^3 - 992 \ln(b) - 1210 \ln(q) + 6689$$

$$R = 0,89; F = 5,1; t = 11,2$$

- массив – железобетонные тумбы (труднообрушаемая кровля):

$$U_{max} = 108,1m^3 + 1056 \left(\frac{\gamma h}{\sigma_{сж}} \right)^2 - 1013 \ln(l) + \frac{356}{b} - 114 \ln(q) - 1264$$

$$R = 0,76; F = 2,35; t = 4,5$$

- массив – бутোকостры (среднеобрушаемая кровля):

$$U_{max} = 36,9m^2 + 3918 \left(\frac{\gamma h}{\sigma_{сж}} \right)^3 - \frac{1430}{l} - 116 \ln(b) - 677(q) + 3640$$

$$R = 0,96; F = 16,6; t = 39,5$$

- массив – бутোকостры (труднообрушаемая кровля):

$$U_{max} = 100,4m^2 + 1181 \sqrt{\frac{\gamma h}{\sigma_{сж}}} - \frac{4180}{l} - 959 \ln(b) - 1020 \ln(q) + 5607$$

$$R = 0,82; F = 3,02; t = 6,1$$

Анализ приведенных выше критериев оценки, показал, что полученные многофакторные корреляционные зависимости могут быть применены с достаточной точностью и надежностью для определения пучения пород почвы в выемочных штреках. Практика показала адекватность данных уравнений шахтным наблюдением.

Для определения степени влияния каждого фактора-аргумента на изменения фактора-функции были построены графики уравнения чистой регрессии, которые показали, что факторы-аргументы по своей значимости в каждом способе охраны различны.

Приведенные выше результаты исследований могут быть использованы при определении параметров крепи выемочных штреков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Каталог шахтопластов Донецкого угольного бассейна с характеристикой горно-геологических факторов и явлений.* Институт горного дела им. А.А. Скочинского, 1982. – 368 с.

2. *Якоби О.* Практика управления горным давлением. Пер. с нем. – М.: Недра, 1987. – 566 с.

3. *СП 91.13330.2012 «СНиП II-94-80 Подземные горные выработки».*

4. *Ткачев В. А., Туркеничева О. А., Шемшюра Б. А.* Исследование влияния горно-геологических и горнотехнических факторов на напряженно-деформированное состояние почвы выемочного штрека / Научно-технические проблемы шахтного строительства: Сборник научных трудов. Шахтинский институт ЮРГТУ. Новочеркасск: ЮРГТУ, 2000. С. 21–25. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Ткачев Валерий Александрович*¹ – доктор технических наук, профессор, e-mail: tkachev_Valery@yandex.ru,
*Черных Владимир Геннадьевич*¹ – кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой, e-mail: vgch-7@rambler.ru,
*Прозорова Юлия Александровна*¹ – ассистент, e-mail: Juli0406@yandex.ru,
¹ Шахтинский институт (филиал) Южно-Российского государственного политехнического университета (Новочеркасского политехнического института) имени М.И. Платова.

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 4, pp. 338–343.

UDC
622.016.347

V.A. Tkachev, V.G. Chernykh, Yu.A. Prozorova
**RESEARCH OF INFLUENCE OF GEOLOGICAL
AND MINING FACTORS ON ROCK SWELLING
IN THE FLOOR OF DEVELOPMENT HEADINGS**

Conditions of rock swelling in the floor of butt entries have been analyzed. It has been revealed that 27% [1] of all operated developments are subject to this kind of rock swelling. The main reasons for rock swelling in the floor of developments are specified. Results of theoretical and mine researches of floor rock swelling are given for butt entries. The multiple-factor correlation dependences allowing to predict rock swelling in the floor of butt entries in the conditions of the Russian Donbass are received.

Key words: analysis, development, development protection, rock swelling.

AUTHORS

*Tkachev V.A.*¹, Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: tkachev_Valery@yandex.ru,
*Chernykh V.G.*¹, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, Head of Chair, e-mail: vgch-7@rambler.ru,
*Prozorova Yu.A.*¹, Assistant, e-mail: Juli0406@yandex.ru,
¹ Shakhty Institute (branch) of Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Shakhty, Russia.

REFERENCES

1. *Katalog shakhtoplastov Donetskogo ugol'nogo basseyna s kharakteristikoy gorno-geologicheskikh faktorov i yavleniy*. Institut gornogo dela im. A.A. Skochinskogo (The catalog of mined beds of the Donetsk coal basin with the characteristic of mining-and-geological factors and phenomena. A. A. Skochinsky Institute of Mining), 1982, 368 p.
2. Yakobi O. *Praktika upravleniya gornym davleniem*. Per. s nem. (Practice of managing mountain pressure. English–German translation), Moscow, Nedra, 1987, 566 p.
3. *SP 91.13330.2012 SNIIP II-94-80 Podzemnye gornye vyrabotki* (CR 91.13330.2012 Construction Norms and Regulations of II-94–80 Underground excavations).
4. Tkachev V.A., Turkenicheva O.A., Shemshura B.A. *Nauchno-tekhnicheskie problemy shakhtnogo stroitel'stva: Sbornik nauchnykh trudov*. Shakhtinskiy institut YuRGU (Scientific and technical problems of mine construction: Coll. Scient. Works. SRSTU Shakhty Institute), NovoCherkassk, YuRGU, 2000, pp. 21–25.