

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»**

**16+
ISSN 2218-5194**

**ИЗВЕСТИЯ
ТУЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА**

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Выпуск 3

**Тула
Издательство ТулГУ
2023**

Председатель

Кравченко О.А., д-р техн. наук.

Первый заместитель председателя

Воротилин М.С., д-р техн. наук.

Заместитель председателя

Прейс В.В., д-р техн. наук, авторизованный представитель Издательства ТулГУ в РИНЦ.

Ответственный секретарь

Моргунова Е.В., авторизованный представитель ТулГУ в РИНЦ.

Члены редакционного совета:

Батанина И.А., д-р полит. наук, –

гл. редактор серии «Гуманитарные науки»;

Берестнев М.А., канд. юрид. наук, доц., –

гл. редактор серии «Экономические и юридические науки»;

Борискин О.И., д-р техн. наук, –

гл. редактор серии «Технические науки»;

Егоров В.Н., канд. пед. наук, – гл. редактор серии

«Физическая культура. Спорт»;

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор

Качурин Н.М., д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула);

Заместитель главного редактора

Сарычев В.И., д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула);

Члены редакционной коллегии:

Захаров В.Н., академик РАН, д-р техн. наук

(Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, г. Москва);

Барях А.А., академик РАН, д-р техн. наук (Пермский федеральный исследовательский центр УрО РАН, г. Пермь);

Каплунов Д.Р., член-корр. РАН, д-р техн. наук (Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, г. Москва);

Клишин В.И., член-корр. РАН, д-р техн. наук (Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово);

Левин Л.Ю., член-корр. РАН, д-р техн. наук (Пермский федеральный исследовательский центр УрО РАН, г. Пермь);

Опарин В.Н., член-корр. РАН, д-р физ.-матем. наук (Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск);

Струков К.И., д-р техн. наук, президент (ООО «УК ЮГК», г. Челябинск);

Рыльникова М.В., д-р техн. наук (Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, г. Москва);

Валиев Нияз Гадым, д-р техн. наук (Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург);

Заславская О.В., д-р пед. наук, –

гл. редактор серии «Педагогика»;

Качурин Н.М., д-р техн. наук, –

гл. редактор серии «Науки о Земле»;

Понаморева О.Н., д-р хим. наук, –

гл. редактор серии «Естественные науки».

Ответственный секретарь

Стась Г.В., д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула).

Авторизованный представитель ТулГУ в РИНЦ

Копылов А.Б., д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула).

Голик В.И., д-р техн. наук (Геофизический институт Владикавказского научного центра, г. Владикавказ);

Ефимов В.И., д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула);

Жабин А.Б., д-р техн. наук (ТулГУ, г. Тула);

Заалишвили В.Б., д-р физ.-матем. наук (Геофизический институт - филиал Федерального научного центра "Владикавказский научный центр Российской академии наук" (ГФИ ВНИЦ РАН);

Кавала Р., д-р техн. наук (Фрайбергская горная академия, Институт материаловедения и изготовления материалов, Германия, г. Фрайберг);

Казанин О.И., д-р техн. наук (Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург);

Кантович Л.И., д-р техн. наук (Национальный исследовательский технологический университет (МИСиС), г. Москва);

Кориунов Г.И., д-р техн. наук (Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург);

Мельник В.В., д-р техн. наук (Национальный исследовательский технологический университет (МИСиС), г. Москва);

Мерзляков В.Г., д-р техн. наук (Московский политехнический университет, г. Москва);

Протосеня А.Г., д-р техн. наук (Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург).

Сборник зарегистрирован в Управлении Федеральной службы по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) ПИ № ФС77-75993 от 19 июня 2019 г.

Подписной индекс сборника 41408 по Объединённому каталогу «Пресса России».

Сборник включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук, утвержденный ВАК Минобрнауки РФ, по следующим специальностям: 2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика; 2.8.8. Геотехнология, горные машины. Сборник зарегистрирован в системе "Web of Science".

© Авторы научных статей, 2023

© Издательство ТулГУ, 2023

УДК 622.831

ОБОСНОВАНИЕ ШИРИНЫ ОХРАННОГО ЦЕЛИКА МЕЖДУ ДЕМОНТАЖНОЙ КАМЕРОЙ И ДЕЙСТВУЮЩИМИ ВСКРЫВАЮЩИМИ ВЫРАБОТКАМИ

А.М. Никитина, С.В. Риб, Д.М. Борзых

Приведены результаты исследований, выполненные по пласту 7-7а на шахте «Распадская» в Кузбассе. Уточнена расчетами ширина охранного целика наклонных выработок от влияния опорного давления. Определены параметры опорного горного давления в зоне остановки очистного забоя, что является важнейшим фактором при дальнейшем формировании очистным забоем монтажной камеры.

Ключевые слова: массив горных пород, ширина охранного целика, очистные работы, горно-геологические и горнотехнические параметры, зоны опорного горного давления, монтажная камера.

Проблема полноты выемки запасов угля с увеличением глубины и уменьшением прочности боковых пород зависит в основном от длины выемочного столба, размеров охранных целиков, наличия непереходимых геологических нарушений и горных выработок [1, 2]. В качестве примера негативного влияния горно-геологических и горнотехнических параметров угольных пластов при подземной угледобыче можно привести следующие шахты Кузбасса: «Есаульская», «Осинниковская», «Юбилейная», «Распадская» и другие. Наличие в пределах выемочного столба дизъюнктивов, зон повышенного горного давления (ПГД), передовых выработок приводит, или к остановке очистного забоя, или к снижению технико-экономических показателей.

При отработке угольных пластов длинными очистными забоями от границ выемочных полей ведение очистных работ осуществляется до действующих вскрывающих наклонных выработок (бремсбергов, уклонов и других выработок). В этом случае границей выемочного столба является охранный целик, обеспечивающий безаварийное поддержание вышензванных выработок. При анализе результатов проявления опорного давления на границе отработки выемочных столбов выявлено, что необоснованная остановка очистного забоя для формирования им монтажной камеры может привести к увеличению горного давления и сроков монтажа элементов механизированного комплекса, а также к потере добычи угля. Параметры опорного давления по мере подвигания очистного забоя изменяются, что подтверждается динамикой изменений пролетов зависаний пород покрывающей толщи [3 – 7].

В работе предлагается при определении зоны минимального давления у границы отработки выемочного столба в месте остановки очистного забоя, учитывать следующие факторы, влияющие на величину опорного давления: глубину заложения камеры, параметры целика, шаг обрушения

основной и непосредственной кровли, массу зависающих консолей грузовой площади при волнообразном проявлении опорного давления впереди очистного забоя, формирующего демонтакную камеру.

В качестве объекта исследования приняты горно-геологические и горнотехнические условия отработки угольного пласта 7-7а на шахте «Распадская» ООО «РУК», расположенной в Томь-Усинском геологоэкономическом районе Кузбасса.

В стратиграфическом разрезе пласт 7-7а залегает в 43 – 52 м ниже пласта 9 (увеличение мощности междупластья с востока на запад). Гипсометрия пласта пологоволнистая, углы падения изменяются от 5 до 10 градусов. Пласт имеет сложное строение, содержит от 6 до 10 породных прослоев, представленных преимущественно алевролитами мелкозернистыми, иногда углистыми. Мощность пласта изменяется от 3,60м до 4,50м, увеличиваясь постепенно от монтажной камеры к границе остановки лавы, составляя в среднем 4,0 м, мощность породных прослоев 0,38 м. Коэффициент крепости породных прослоев по шкале проф. М.М. Протодяконова изменяется от 2 до 3, коэффициент крепости угля изменяется от 0,8 до 1,0. Уголь пласта 7-7а склонен к самовозгоранию, угольная пыль взрывоопасна. Пласт опасный по горным ударам с глубины 200 м, угрожаемый по внезапным выбросам угля, пыли и газа с глубины ниже гор. - 85 м.

Непосредственная кровля пласта представлена темно-серыми мелкозернистыми и крупнозернистыми алевролитами массивными до слабослоистых. Мощность алевролитов изменяется от 20,0 до 34,0 м, коэффициент крепости по шкале проф. М.М. Протодяконова составляет 4. Непосредственная кровля средней устойчивости, относится ко II классу по устойчивости, I типу по обрушаемости (вне зоны влияния тектонических нарушений).

Основная кровля сложена серыми, темно-серыми песчаниками мелкозернистыми до крупнозернистыми, мощностью от 9,0 до 25,0 м и алевролитами мелкозернистыми, крупнозернистыми. Коэффициент крепости по шкале проф. М.М. Протодяконова равен 7.

В почве пласта залегают темно-серые мелкозернистые алевролиты, участками до крупнозернистых с редкими прослойками песчаников. Мощность пород почвы изменяется от 3,0 до 7,0 м. Коэффициент крепости алевролитов по шкале проф. М.М. Протодяконова составляет 4. Алевролиты обладают средней несущей способностью, при значительном увлажнении теряют свои несущие способности. Породы почвы склонны к пучению.

Возможна встреча непрогнозируемых тектонических нарушений не вскрытых горными выработками при оконтуривании выемочного участка.

Анализ горно-геологических и горнотехнических условий показал, что сохранение транспортного и конвейерного уклонов 4-7 №4, в зоне влияния демонтакной камеры лавы 5а-7-36 (2) будет осложнено.

Сложность обусловлена горно-геологическими и горнотехническими факторами.

К горно-геологическим факторам относятся:

- влияние тектонического нарушения типа «надвиг» с амплитудами вертикального смещения 0,4 м;
- кровля в зоне влияния тектонических нарушений неустойчивая, трещиноватая, склонна к отслоению и куполообразованию;
- в зоне влияния тектонического нарушения, проявляется кливаж угольного массива, повышенное выделение газа, воды.

К горнотехническим факторам относятся:

- массив охранных целиков уклонов 4-7 №4 ослаблен за счет расположенных вентиляционного штрека 5а-7-36 бис №2 и транспортного уклона 4-7 №4 бис, пройденных соответственно поперечно и диагонально;
- вентиляционный штрек 5а-7-36 бис №2, является водосборником на данном выемочном участке. Следовательно, породы в районе расположения выработки находятся в неустойчивом состоянии, так как подвержены влиянию воды.

С целью определения границы остановки лавы 5а-7-36 (2) для демонтажных работ, с учетом опасной зоны от тектонического нарушения, и вентиляционного штрека 5а-7-36 бис №2, который в свою очередь является водосборником, рассчитаем необходимую ширину охрannого целика крайнего транспортного уклона 4-7 №4. Поскольку определение параметров целика в соответствии с [1] даёт практически результаты, позволяющие обеспечить безопасное и эффективное ведение горных работ, очевидно целесообразным представляется практическое применение именно этой методики.

В основу методики расчета целиков, по несущей способности, положен принцип, заключающийся в том, что действующая на целик нагрузка P_ϕ , определяется по формуле (1), с некоторым запасом n_z , уравнивается его несущей способностью P_H , [1], т.е.:

$$P_\phi = P_H \cdot n_z. \quad (1)$$

На рис. 1 представлена схема к расчету охрannого целика. Как видно из схемы, полная фактическая нагрузка P_ϕ , рассучиваемая по формуле (2), на единицу длины целика, будет складываться из веса P_1 породного столба над целиком, веса призмы, зависающей над целиком необрушенных пород P_2 и части веса обломившихся породных консолей P_3 , опирающихся с одной стороны на массив над целиком, а с другой – на обрушенные породы

$$P_\phi = P_1 + P_2 + P_3. \quad (2)$$

Величина P_1 , определяется по формуле (3) шириной целика X , шириной выработки A , глубиной горных работ H и усредненным объемным весом γ пород налегающей толщи:

$$P_1 = (X + 0,5A) \cdot \gamma \cdot H, \quad (3)$$

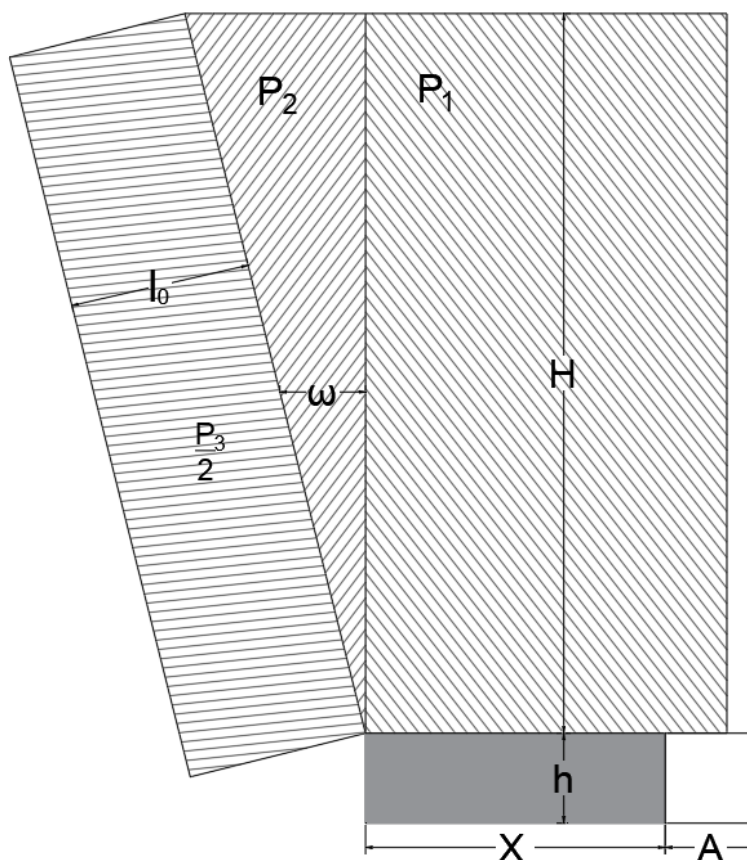


Рис. 1. Расчетная схема нагружения охранного целика

Величина P_2 определяется исходя из угла ω отклонения поверхности излома пород от плоскости, нормальной к напластованию пород массива и глубины ведения горных работ H , по выражению

$$P_2 = 0,5\gamma \cdot H^2 \cdot \operatorname{tg} \omega. \quad (4)$$

Величина P_3 определяется длиной породных блоков l_0 и углом их поворота ω . Поскольку величина ω , в аналогичных условиях, не превышает $5 - 8^\circ$, то его влияние можно не учитывать, тогда длина этих блоков принимается равной величине шага очередных (последующих) обломов консолей пород основной кровли. В связи с тем, что обломившийся блок одним концом опирается на массив над целиком, а другим на почву или обрушенные породы непосредственной кровли, можно считать, что на целик действует половина веса обломившихся консолей. Тогда величина нагрузки от веса обломившихся консолей составит

$$P_3 = \frac{1}{2} \gamma \cdot H \cdot l_0, \quad (5)$$

где l_0 – очередной шаг обрушения основной кровли.

Исходные данные для расчета необходимой ширины охранного целика около крайнего транспортного уклона 4-7 №4 (рис. 2) в районе выемочного участка 5а-7-36 (2): средний объемный вес пород налегающей толщи $\gamma_{cp}=0,025$ МН/м³; угол излома подработанных пород – $\omega=15^\circ$; шаг обрушения основной кровли $l_0=16$ м; глубина ведения горных работ $H=430$ м; средняя мощность пласта $m_{cp}=4,0$ м; предел прочности угля на сжатие $\sigma_y=8$ МПа; ширина транспортного уклона 4-7 №4 $A=5,5$ м; высота транспортного уклона 4-7 №4 $h=4,0$ м.

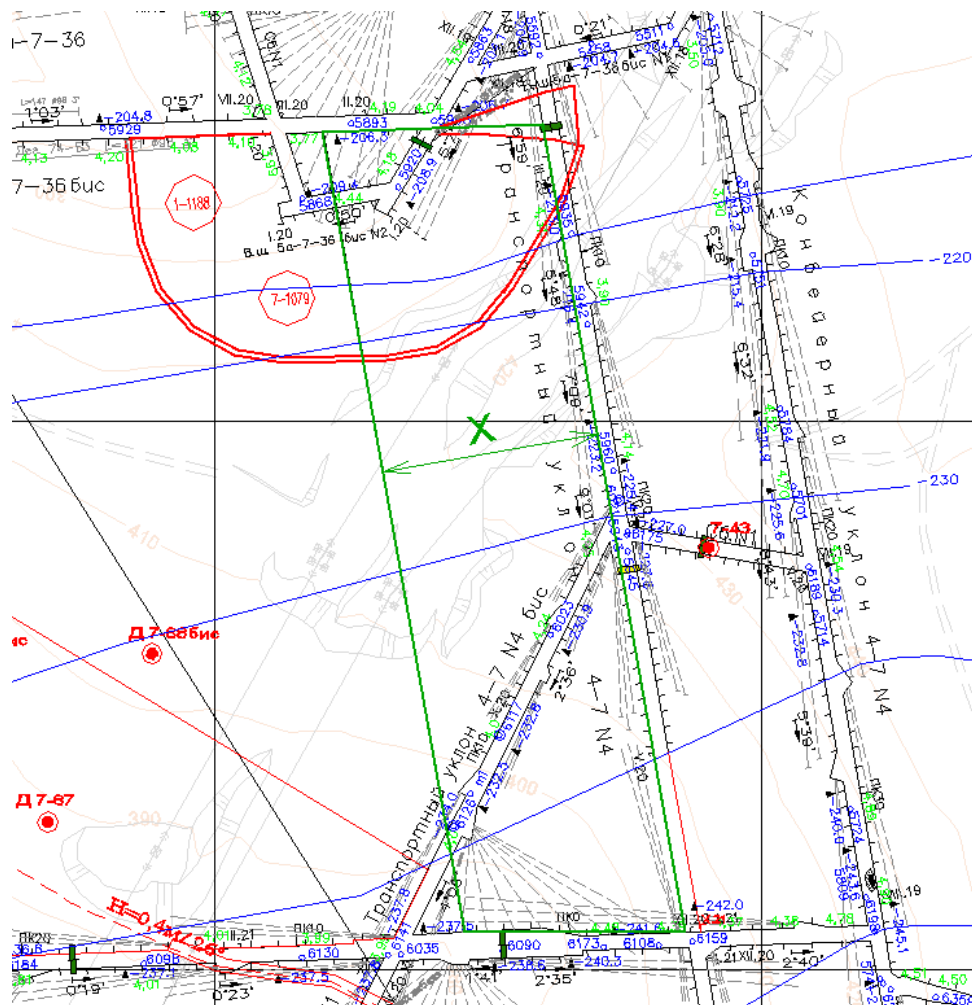


Рис. 2. Выкопировка из плана горных работ

Уравнение для расчета широкого целика имеет вид [1]

$$k_N \cdot k_t \cdot X \cdot R_o \cdot \exp\left(r \left(\frac{X}{h} - 1\right)\right) = n_y (X + l_0 + H \cdot \operatorname{tg} \omega) \cdot \gamma \cdot H, \quad (6)$$

где n_y – коэффициент запаса прочности целика, $n_y=1,3$; r – параметр, зависящий от свойств горных пород, слагающих целик $r = 0,17$; k_N – коэффициент ослабления целика поперечными выработками; k_t – коэффициент

длительной прочности угля [1] $k_t=0,6-0,9$; R_0 – кубиковая прочность угля при условно-мгновенном нагружении, определяется с учетом коэффициента структурного ослабления, МПа.

Подставляя в уравнение формулы (6), для расчёта целика, значения входящих в него величин и решая это уравнение относительно ширины целика X , получим: $X=82,5$ м.

Таким образом, расчетная ширина охранного целика транспортного уклона 4-7 №4 на глубине расположения выработки 430 м, в зоне остановки очистного забоя №5а-7-36(2), с учетом осложняющих горно-геологических и горнотехнических условий должна составлять не менее 83 м.

Что касается горно-геологических факторов, то ключевыми из них являются характеристики вмещающих пород. Именно они оказывают наиболее существенное влияние на формирование опорного давления, возникающего при взаимовлиянии горных выработок, к ним относятся: коэффициент структурного ослабления пород массива вблизи контура выработки K_c ; коэффициент, учитывающий снижение прочности пород в процессе перераспределения в них напряжений K_d ; коэффициент, учитывающий снижение прочности пород при увлажнении $K_{вл}$ и др. [1, 2, 8-11].

Учитывая эти факторы, согласно [1] можно определить необходимую ширину широкого целика X , длительную несущую способность целика P_H и коэффициент ослабления охранного целика k_N прорезающими выработками по формуле (8).

Длительная несущая способность широкого целика единицы длины рассчитывается из выражения [1]

$$P_H = k_N \cdot k_t \cdot X \cdot R_0 \cdot \exp\left(r\left(\frac{X}{h} - 1\right)\right), \text{ МН}, \quad (7)$$

где h – высота целика, м.

Коэффициент ослабления охранного целика прорезающими выработками определяется по формуле [1]

$$k_N = \frac{N}{A_0 + N}, \quad (8)$$

где N – расстояние между поперечными выработками в целике, м; A_0 – ширина поперечной выработки, прорезающей целик, м.

Согласно [2] протяжённые выработки для исключения их взаимного влияния должны находиться друг от друга на расстоянии более

$$L_g = (B_1 + B_2) \cdot K_L, \quad (9)$$

где $(B_1 + B_2)$ – суммарная ширина взаимовлияющих выработок в проходке (вчерне), м; K_L – коэффициент взаимного влияния выработок, определяемый по таблице 15 [2].

Для уклонов, пройденных по простиранию пласта, $K_L = 2,2$ м. Тогда по формуле (9) получим

$$L_{g.y.} = (5,5 + 5,5) \cdot 2,2 = 24,2 \text{ м.}$$

Конвейерный уклон 4-7 №4 и транспортный уклон 4-7 №4 располагаются на расстоянии 60 м друг от друга, более L_g , что соответствует их безопасной эксплуатации по пункту «Указаний...» [2].

Охранный целик с шириной X от транспортного уклона 4-7 №4 в сторону очистного забоя 5а-7-36 (2), (рис. 2) прорезается поперечно вентиляционным штреком 5а-7-36 бис №2 и диагонально транспортным уклоном 4-7 №4 бис.

Длительная несущая способность охранного целика составит (без учёта ослабления поперечной и диагональной выработок):

$$P_H = 0,6 \cdot 2,4 \cdot 83 \cdot e^{0,17 \left(\frac{83}{4} - 1 \right)} = 3335 \text{ МН}.$$

Коэффициент ослабления целика поперечным вентиляционным штреком 5а-7-36 бис №2 и транспортным уклоном 4-7 №4 бис определяется:

- вентиляционный штрек 5а-7-36 – вентиляционный штрек 5а-7-36 бис №2

$$k_{N1} = \frac{20}{5,5 + 20} = 0,78;$$

- вентиляционный штрек 5а-7-36 бис №2 - транспортный уклон 4-7 №4 бис

$$k_{N2} = \frac{200}{5,5 + 200} = 0,97;$$

- транспортный уклон 4-7 №4 бис – конвейерный штрек 5а-7-36

$$k_{N3} = \frac{69}{5,5 + 69} = 0,93.$$

С учётом ослабления целика поперечной и диагональной выработками длительная несущая способность целика составит

$$P_H = 3335 \cdot 0,78 = 2601 \text{ МН}.$$

Фактическая нагрузка на охранный целик определится из выражения [1]

$$P_{\phi_{83}} = 0,5\gamma \cdot H \cdot (2X + A + H \cdot \text{tg}\omega + l_0), \quad (10)$$

после подстановки исходных данных и $X=83$ получаем

$$P_{\phi_{83}} = 0,5 \cdot 0,025 \cdot 430 \cdot (166 + 5,5 + 430 \cdot \text{tg}15^\circ + 16) = 1632 \text{ МН}.$$

Расчётная длительная несущая способность охранного целика шириной $X=83$ м значительно больше фактической нагрузки, приходящейся на данный целик, полученной по формуле (10):

$$P_H = 2601 \text{ МН} > P_{\phi_{83}} = 1632 \text{ МН}.$$

Таким образом, установлено, что фактическая нагрузка на охранный целик значительно меньше расчетной длительной несущей способности охранного целика.

Учитывая, что в массиве охранного целика имеются выработки: вентиляционный штрек 5а-7-36 бис №2 и транспортный уклон 4-7 №4 бис, в пространство очистного забоя возможно истечение газозвушной смеси по естественным и вновь сформированным трещинам в краевой части очистного забоя.

Согласно п. 17 Инструкции [8] зоны, в которых горные работы проводятся в направлении на передовую выработку относятся к опасным.

Согласно п.164 Руководства [11] для предотвращения динамических явлений в подготовительных и очистных выработках на угольных пластах любой мощности бурятся разгрузочные скважины.

Согласно таблице №5 в приложении Руководства [11] на склонных к горным ударам угольных пластах ширина защитной зоны в краевой части пласта принимается равной $1,3n$ (n – ширина защитной зоны в краевой части угольного пласта, м., определяется согласно рис. 3 Приложения 8 Инструкции [8], n принимается 10 м). Следовательно, ширина защитной зоны в краевой части пласта составит 13 м.

Исходя из выполненных расчетов, установлено, что для начала ведения демонтажных работ в очистном забое 5а-7-36(2) достаточно охранного целика с параметрами не менее 110 м (вентиляционный штрек 5а-7-36 бис №2 и транспортный уклон 4-7 №4 бис полностью останутся тогда в теле охранного целика). Однако осложняющим фактором является наличие в целике вентиляционного штрека 5а-7-36 бис №2, который в свою очередь является водосборником. Следовательно, породы в районе расположения данной выработки находятся в неустойчивом состоянии, так как подвержены влиянию воды. Проанализировав все вышеперечисленное, при выборе параметров целика и определении границы остановки лавы необходимо предусмотреть с учетом опасной зоны от вентиляционного штрека 5а-7-36 бис №2.

Рекомендуется для безопасного ведения работ границу остановки выемочного участка 5а-7-36 (2), учитывая ширину охранного целика конвейерного уклона 4-7 №4, при глубине 430 м, в зоне влияния тектонического нарушения, а также принимая во внимание опасную зону от вентиляционного штрека, 5а-7-36 бис №2, принять не менее 155 м (рис. 3).

На рис. 3 представлена выкопировка с плана горных работ с указанием расположения границы остановки очистного забоя 5а-7-36 (2).

Проведенные исследования показали, что для контроля за проявлениями горного давления необходимо:

- проводить оценку устойчивости непосредственной кровли и массива угля (боков) горных выработок путем визуального осмотра состояния угля и пород по контуру выработок;
- фиксировать отслоения угля и пород, состояние анкеров, верхняков (подхватов), металлической (решетчатой) затяжки и величины деформации опорных шайб.

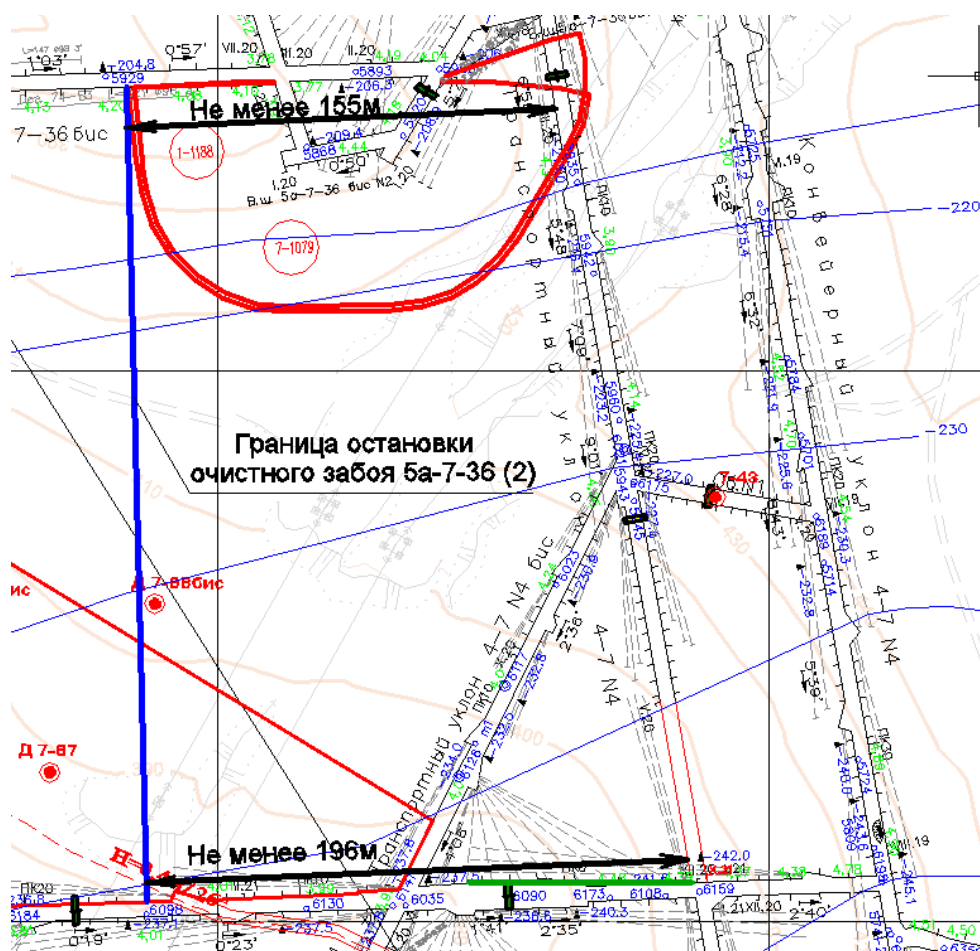


Рис. 3. Выкопировка из плана горных работ с указанием границы остановки забоя 5а-7-36 (2)

Для определения величины смещений пород кровли конвейерного уклона 4-7 №4 и транспортного уклона 4-7 №4 необходимо установить датчики смещения кровли. В случае опасных проявлений горного давления нужно предусмотреть мероприятия по восстановлению несущих способностей целиков, за счет создания целостности массива, по методу упрочнения нагнетанием вяжущих составов, а также оценить необходимость применения дополнительного усиления крепи. При интенсивном смещении пород кровли, образовании систем трещин, заколов, кливажах массива угля и пород, а также при проявлении пучения почвы необходимо предусмотреть применения комбинированной крепи для сохранения в рабочем состоянии транспортного уклона 4-7 №4.

Уточненный расчет необходимой ширины охранного целика и длительной несущей способности в сопоставлении с фактической нагрузкой является основой для определения действительных параметров опорного давления у границы отработки выемочного столба и является важнейшим фактором при оценке безопасного и эффективного ведения горных работ в ходе формирования демонтажной камеры.

Список литературы

1. Методическое руководство по выбору геомеханических параметров технологии отработки угольных пластов короткими забоями. Санкт-Петербург: ВНИМИ, 2003. 55 с.
2. Указания по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах. М.: Изд-во «Горное дело», 2011. 216 с.
3. Ремезов А.В., Климов В.В. Что может являться уточненной границей отработки выемочного столба, как определить точку остановки очистного забоя и дальнейшее формирование очистным забоем демонтажной камеры // Уголь. 2017. №1 (1090). С. 27-29.
4. Опыт формирования демонтажной камеры в очистном забое по мере подвигания механизированного комплекса в сложных условиях шахт Юга Кузбасса / С. В. Риб [и др.] // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов. 2022. № 8. С. 167-174.
5. Ремезов А.В., Торро В.О., Кузнецов Е.В. Исследование распределения нагрузки у границы предохранительного целика в зоне формирования демонтажной камеры очистным забоем // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2018. №4 (128). С. 65-75.
6. Ремезов А.В., Климов В.В. Исследование влияния опорного давления от очистного забоя и зон ПГД на горные выработки // Вестник КузГТУ. 2011. № 4(84). С. 40-43.
7. Galvin J.M. Ground engineering - principles and practices for underground coal mining // Springer International Publishing, 2016. 684 p.
8. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по прогнозу динамических явлений и мониторингу массива горных пород при отработке угольных месторождений» (утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 10.12.2020 г. № 515; зарегистрирован 30.12.2020 г. № 61949).
9. Механика горных пород и устойчивость выработок шахт Кузбасса / В.М. Станкус [и др.]. Кемерово: Кемеровское книжное издательство, 1973. 345 с.
10. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах» (утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 08.12.2020 г. № 507; зарегистрирован 18.12.2020 г. № 61587).
11. Указания по управлению горным давлением в очистных забоях под (над) целиками и краевыми частями при разработке свиты угольных пластов мощностью до 3,5 м и углом падения до 35°. Л.: ВНИМИ, 1984. 62 с.

Никитина Анастасия Михайловна, канд. техн. наук, доц., nik.am_78@mail.ru, Россия, Новокузнецк, Сибирский государственный индустриальный университет,

Риб Сергей Валерьевич, канд. техн. наук, доц., seregarib@yandex.ru, Россия, Новокузнецк, Сибирский государственный индустриальный университет,

Борзых Дмитрий Михайлович, ст. преп., 25borz@rambler.ru, Россия, Новокузнецк, Сибирский государственный индустриальный университет

JUSTIFICATION OF THE WIDTH OF THE SECURITY PILLAR BETWEEN THE DISMANTLING CHAMBER AND THE OPERATING OPENING WORKINGS

A.M. Nikitina, S.V. Rib, D.M. Borzyh

The article presents the results of studies carried out on the 7-7a formation at the Raspadskaya mine in Kuzbass. The width of the guard column of inclined workings has been clarified by calculations. The parameters of the reference rock pressure in the stop zone of the cleaning face are determined, which is the most important factor in the further formation of the dismantling chamber by the cleaning face.

Key words: stress-strain state, width of the security pillar, clearing works, mining and geological and mining technical parameters, zones of reference rock pressure, dismantling chamber.

Nikitina Anastasiia Mikhailovna, candidate of technical sciences, docent, nik.am_78@mail.ru, Russia, Novokuznetsk, Siberian State Industrial University,

Rib Sergey Valerievich, candidate of technical sciences, docent, seregarib@yandex.ru, Russia, Novokuznetsk, Siberian State Industrial University,

Borzyh Dmitrii Mikhailovich, senior lecturer, 25borz@rambler.ru, Russia, Novokuznetsk, Siberian State Industrial University

Reference

1. Methodological guide for the selection of geomechanical parameters of the technology of mining coal seams with short faces. Saint Petersburg: VNIMI, 2003. 55 p.
2. Instructions on the rational location, protection and maintenance of mine workings at coal mines. Moscow: Publishing House "Mining", 2011. 216 p.
3. Remezov A.V., Klimov V.V. What can be the specified boundary of the excavation column, how to determine the stopping point of the cleaning face and the further formation of the dismantling chamber by the cleaning face // Coal. 2017. No. .1 (1090). pp. 27-29.
4. Experience in the formation of a dismantling chamber in the treatment face as the mechanized complex moves in difficult conditions of the mines of the South of Kuzbass / S. V. Rib [et al.] // High-tech technologies for the development and use of mineral resources. 2022. No. 8. pp. 167-174.
5. Remezov A.V., Torro V.O., Kuznetsov E.V. Study of load distribution at the boundary of the safety rear in the zone of formation of the dismantling chamber by the cleaning face // Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2018. No.4 (128). pp. 65-75.

6. Remezov A.V., Klimov V.V. Investigation of the influence of reference pressure from the treatment face and PGD zones on mine workings // Bulletin of KuzSTU. 2011. No. 4(84). pp. 40-43.
7. Galvin J.M. Ground engineering - principles and practices for under-ground coal mining // Springer International Publishing, 2016. 684 p.
8. Federal norms and rules in the field of industrial safety "Instructions for the prediction of dynamic phenomena and monitoring of rock mass during mining of coal deposits" (approved by the order of the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision dated 10.12.2020 No. 515; registered on 30.12.2020 No. 61949).
9. Mechanics of rocks and stability of mine workings Kuzbass / V.M. Stankus [et al.]. Kemerovo: Kemerovo Book Publishing House, 1973. 345 p.
10. Federal norms and rules in the field of industrial safety "Safety rules in coal mines" (approved by the order of the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision dated 08.12.2020 No. 507; registered on 18.12.2020 No. 61587).
11. Instructions for the management of rock pressure in the treatment faces under (above) the whole and edge parts when developing a suite of coal seams with a capacity of up to 3.5 m and a drop angle of up to 35°. L.: VNIMI, 1984. 62 p.

УДК 550.3 + 551 + 622

О ПРОБЛЕМЕ РАЗРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКИХ ОСНОВ ТЕОРИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ГАЗООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ОТРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В.Н. Опарин, Н.М. Качурин, Т. А. Киряева, В.П. Потапов

Рассматривается актуальная проблема безопасного недропользования Земли в усложняющихся горно-геологических и природно-климатических условиях, роста глубины и масштабов разрабатываемых месторождений полезных ископаемых различных видов и фазового состояния. Показано, что в современных условиях развития фундаментальных и прикладных исследований обозначенная Проблема с годами становится не только «обостряющейся» по своей актуальности, но и созданы реальные предпосылки для успешного ее решения с опорой на достигнутые уже результаты. В России они связаны, в первую очередь, с установлением главных механизмов формирования и особенностей развития очаговых зон повышенной концентрации напряжений и деструкции массивов горных пород и геоматериалов, обладающих блочно-иерархической структурой, многофазностью и проявляющих свойства открытых самоорганизующихся геосистем, находящихся в тектоническом поле напряжений и деформаций. На базе современных достижений нелинейной геомеханики и геофизики, облачных Big Data информационных технологий обоснован новый (энергетический) методологический подход и соответствующие ему методы, а также технические (приборно-измерительные) средства, программные комплексы для формирования многослойной геоинформационно-мониторинговой системы диагностики, контроля и про-

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОЛОГИЯ

<i>Алексеев И.А., Чеджемов С.Р.</i> Науки о Земле – не забыть бы человека.....	3
<i>Гаджиева Г.Н.</i> Экологические проблемы техногеннодеформированных почв полуострова Апшерон.....	12
<i>Паздникова Н.П., Константинова М.В., Голик В.И., Сарычев В.И.</i> Экологические риски жизнедеятельности людей в промышленных городах.....	22
<i>Халифазаде Ч.М., Эфендиева З.Дж., Валиев Н.Г., Гамашаева-Мурадова С.Я.</i> Сравнительный анализ катагенеза в экранирующих глинистых породах в древних (триас-палеозой) и молодых (нижний плиоцен) отложениях Южного Мангышлака и западного борта Южного Каспия.....	33
<i>Цховребов Э.С.</i> Новый подход к оценке параметров устойчивого развития в формате предотвращения экологической опасности.....	50
<i>Ибрагимова Л.П.</i> Влияние климатического фактора на освоение горных геосистем и возникающие экологические проблемы.....	68
<i>Борискин О.И., Ларин С.Н., Нуждин Г.А., Муравьева И.В.</i> Экологический контроль сточных вод в промышленности.....	80

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

<i>Аленичев В.М.</i> Идентификация техногенных рисков индустриального характера на горных предприятиях.....	90
<i>Кукарцев В.В., Замолоцкий С.А., Храмков В.В.</i> Использование методов машинного обучения для выявления факторов, влияющих на снижение несчастных случаев на производстве.....	101
<i>Семейкин А.Ю., Томаровщенко О.Н., Петрова В.А., Сарычев В.И.</i> Анализ структуры микротравмирования работников при выполнении строительных работ.....	112

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

<i>Аль-Екаби Хаки Хади Аббуд, Прокопов А.Ю.</i> Применение армоэлементов из переработанного дробленого бетона для стабилизации водонасыщенных илисто-глинистых грунтов.....	125
--	-----

<i>Валиев Н.Г., Лебзин М.С., Усманов А.И., Завьялов С.С.</i> Использование торфа в качестве сорбента тяжелых металлов.....	137
<i>Вахитова Р.И., Сарачева Д.А., Уразаков К.Р.</i> Радиальный компенсатор для снижения уровня аварийности на нефтедобывающих скважинах.....	146
<i>Машин А. Н.</i> Методика оценки устойчивости эксплуатационных вертикальных стволов.....	156
<i>Голик В. И., Бурдзиева О. Г.</i> Безотходная технология утилизации хвостов обогащения Донбасса.....	164
<i>Голик В. И., Бурдзиева О.Г.</i> Перспективы комплексирования способов добычи нефти и подземного выщелачивания металлов.....	177
<i>Дмитрак Ю.В., Атрушкевич В.А., Кравцов А.А.</i> Интеграция модулей обогащения в технологические системы разработки угольных месторождений.....	187
<i>Клюев Р.В., Босиков И.И., Гаврина О.А., Зауи Ш.Э.</i> Управление электропотреблением предприятия по производству меди.....	202
<i>Кулибаба С. Б., Рожко М. Д.</i> Об устойчивости опорных реперов наблюдательных станций при подработке земной поверхности.....	214
<i>Линник Ю.Н., Жабин А.Б., Линник В.Ю., Раджабов З.Р.</i> Влияние армирующих материалов горнорежущего инструмента на взрывобезопасность их применения.....	222
<i>Жабин А.Б., Линник Ю.Н., Поляков А.В., Линник В.Ю.</i> Совершенствование методики оптимизации расстановки резцов на исполнительных органах проходческих комбайнов.....	234
<i>Валиев Н.Г., Дик Ю.А., Петров В.П., Будник Д.Р.</i> Разработка инновационной технологии подземного способа крепления выработок расплавом горной породы.....	243
<i>Ненашев А.С., Федотенко В.С., Федотенко Н.А.</i> Развитие и состояние применяемых видов технологии ведения горных работ и систем разработки на разрезах Кузбасса.....	249
<i>Рыльникова М.В., Сахаров Е.М., Есина Е.Н.</i> Перспективы совершенствования способов крепления горных выработок в соляных породах разной прочности.....	268

<i>Рыльникова М.В., Сахаров Е.М., Неугомонов С.С.</i> Выбор типа и обоснование конструкции анкерной крепи горных выработок при разработке глубокозалегающих месторождений калийных солей.....	279
<i>Качурин Н.М., Прохоров Д.О., Лускин Г.Г., Амбарцумов Д.А.</i> Моделирование воздействий водной эрозии техногенных минеральных образований на окружающую среду.....	293
<i>Качурин Н.М., Прохоров Д.О., Лускин Г.Г., Амбарцумов Д.А.</i> Техногенное воздействие минеральных образований на компоненты окружающей среды.....	305
<i>Андреас Лукас Халворсен, Еремин Н.А.</i> О безопасном функционировании подводного челночного танкера углеводородов.....	314
<i>Чебан А.Ю.</i> Совершенствование технологии разработки месторождений жильного кварца на основе комбинированной выемки.....	327
<i>Далатказин Т.Ш., Ведерников А.С., Григорьев Д.В.</i> Исследования по оценке современной геодинамической активности при помощи методики срединного градиента.....	335
<i>Нефедов В.И., Грабова И.А., Дубальский В.Е., Симанкин А.Ф.</i> Электромагнитно-вихревой способ воздействия на водные среды для их очищения.....	345
<i>Соколов И.В., Рожков А.А., Антипин Ю.Г.</i> Методический подход к обоснованию технологий снижения ущерба от переизмельчения руды при подземной разработке.....	352
ГЕОМЕХАНИКА	
<i>Авдеев А.Н., Сосновская Е.Л., Харисов Т.Ф.</i> Прогноз развития геомеханической ситуации при повторной консервации шахты «Юго-Западная».....	368
<i>Антонов В. А.</i> Горизонтальное вращение деформированных элементов земной поверхности....	380
<i>Барышников В.Д., Барышников Д.В.</i> Контроль сдвижений и деформаций породного массива в окрестности горных выработок.....	394
<i>Давлатшоев С.К.</i> Влияние гидростатического давления на изменение степени минерализации подземных вод.....	403
<i>Друзь Р.А., Корытов А.С., Протасова А.В., Жгилев А.П.</i> Анализ результатов геомеханического моделирования сдвижения поверхности угольного разреза.....	415

<i>Цюпа Д.А.</i> Оценка влияния технологии строительства тоннельных сооружений на породы приконтурного массива с использованием метода конечных элементов.....	426
<i>Сосновская Е.Л., Авдеев А.Н.</i> Исследование напряженно-деформированного состояния полевых выработок при отработке крутопадающих жил с целью прогноза их устойчивости.....	436
<i>Хасанов М.К., Столповский М.В.</i> Инжекция перегретого водяного пара в пористый пласт, насыщенный в исходном состоянии метаном и его гидратом.....	447
<i>Шулюпин А.Н., Варламова Н.Н.</i> Максимальное рабочее устьевое давление как показатель производительности парлифтной скважины.....	464
<i>Анциферов С.В., Феклин А.А.</i> Исследование влияния укрепительной цементации пород на напряжённое состояние обделок параллельных тоннелей.....	475
<i>Никитина А.М., Риб С.В., Борzych Д.М.</i> Обоснование ширины охранного целика между демонтажной камерой и действующими вскрывающими выработками.....	492
<i>Опарин В.Н., Качурин Н.М., Киряева Т. А., Потапов В.П.</i> О проблеме разработки экспериментально-аналитических основ теории взаимодействия геомеханических и физико-химических газообменных процессов при отработке угольных месторождений.....	503
В.Н. Опарин, Т. А. Киряева, А.Н. Качурин, В.Ф. Юшкин Взаимодействия нелинейных геомеханических и газообменных процессов при отработке месторождений углеводородного ряда.....	521
<i>Мельник В.В., Качурин А.Н., Стась Г.В., Шехманов В.Г.</i> Физические принципы и математическое описание формирования полей скорости воздуха и концентраций газовых примесей в горных выработках угольных шахт.....	544
<i>Качурин Н.М., Лускин Г.Г., Грязнов Ю.Н., Амбарцумов Д.А.</i> Диффузия токсичных компонентов жидких стоков с поверхности смоляных озер в подстилающие породы.....	550

ЭКОНОМИКА

<i>Еремин Н.А., Еремина П.Н.</i> Экосистема эзернета как инструментальный базис энергетической экономики больших данных.....	563
---	-----

Научное издание

**ИЗВЕСТИЯ
ТУЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Выпуск 3

Редактор Н.М. Качурин

Компьютерная правка и верстка – Г.В. Стась

Учредитель:
ФГБОУ ВО "Тульский государственный университет"
300012, г. Тула, просп. Ленина, 92

Изд. лиц. ЛР № 020300 от 12.02.97
Подписано в печать 25.09.23. Дата выхода в свет 29.09.23
Фотмат бумаги 70×100 1/16. Бумага офсетная
Усл. печ. л. 93,8.
Тираж 500 экз. Заказ 119
Цена свободная

Адрес редакции и издателя:
300012, г. Тула, просп. Ленина, 95

Отпечатано в Издательстве ТулГУ
300012, г. Тула, просп. Ленина, 95