

А.Н. Кочуров, Л.Г. Раджабова, П.С. Бородкин

ЗОНЫ ОТЖИМА И ТРЕЩИНОВАТОСТИ ГОРНОГО МАССИВА В ОЧИСТНОЙ ЗАХОДКЕ ПРИ ГИДРОДОБЫЧЕ

Применение существующего метода расчета зоны отжима при отработке пластов крутого падения приводит к значительным отклонениям теоретических значений производительности гидроразрушения относительно экспериментальных данных. Физические процессы в угольном массиве и по периметру крепи выемочных выработок, а также последовательность их участия, заложены в модель обоснования параметров зон отжима. Использование математической модели позволяет определить объем отжатого угля по периметру выемочных выработок под воздействием горного давления, от которого в значительной мере зависят показатели гидравлического разрушения угольного массива. Зона полного отжима соответствует первый этап выемки угля в очистной заходке, на котором после среза струей гидромонитора деревянных стоек рамной крепи отжатая часть массива под действием собственного веса отделяется от более устойчивой части и падает в заходку. Зона высокой трещиноватости характеризуется полным структурным разрушением массива на отдельности, которые продолжают занимать место в общей структуре массива. Зона слабой трещиноватости характеризуется частичной трещиноватостью массива не разрушающей структуру пласта и не разделяющей ее на самостоятельные отдельности.

Ключевые слова: горное давление, зона отжима, трещиноватость массива, очистная заходка, гидравлическая выемка, уголь.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-4-0-21-28

При гидравлической технологии добычи угля отжим угля силами горного давления на поверхности бортов и кровли выемочных выработок воспринимается как положительный процесс, способствующий повышению ее эффективности. Анализ пионерных исследований [1–12] производительности гидромониторов на угольных пластах показал наличие зон отжима, увеличивающих объемы добычи угля. Этот процесс сопутствует выемке угля механическими рабочими органами, но его физическая сущность возникновения зон отжима, не рассматривалась.

Разработанный в институте ВНИИгидроуголь, метод расчета отжима угля и его влияния на производительность гидрав-

лического разрушения имеет ряд недостатков [1].

1. Метод основан на не корректной физической модели, предполагающей, что полный отжим угля является частью процесса гидравлического разрушения. В реальных условиях объем отжатого угля обрушается под действием сил горного давления и собственного веса, что не требует дополнительных затрат времени на гидравлическое разрушение и предполагает другую физическую модель процесса, в которой объем отжатого угля исключается из гидравлически разрушаемого общего объема угля в очистной заходке.

2. Метод разработан с использованием экспериментальных данных по-

Основные причины отжима угольного массива под действием сил горного давления по периметру выработок закрепленных рамной крепью

Перечень причин	Примечания
1. Отсутствие предварительного подпора обнаженного угольного массива при установке податливой рамной крепи	Подпор происходит после расслоения и отжима части массива угля на достаточно большую глубину с учетом упругой деформации элементов рам крепи
2. Наличие пустот в виде не забученных зазоров между поверхностью массива и разрыхленным забученным материалом	Забучивание не гарантирует полноту заполнения зазоров, а усадка забутовочного материала способствует дополнительному образованию пустот
3. Длительное воздействие нормального и опорного горного давления на обнаженные угольные поверхности выработок в процессе ожидания очистных работ	Деревянные клинья, забиваемые между массивом и рамами крепи, скорее предназначены для ее фиксации от самопроизвольного падения, чем для противодействия горному давлению

лученных в узкой области применения гидротехнологии при отработке пластов пологого падения средней мощности, где развитие зоны отжима ограничено породами кровли пласта. В таких условиях полный отжим угля происходит в бортах выработок и приделах мощности пласта, поэтому его объем минимален. Снижению отжима на пластах пологого падения способствует анкерное крепление выемочных выработок.

Развитию процесса отжима угольного массива по периметру выработок при отработке пластов крутого падения способствует:

- отсутствие пространственного ограничения со стороны пород кровли пластов средней мощности и мощных;
- использование деревянной рамной крепи (не полный дверной оклад);
- нарушения пластов на выемочных участках, исключающие использование анкерного крепления.

Применение существующих методов расчета при отработке пластов крутого падения приводит к значительным отклонениям теоретических значений производительности гидроразрушения относительно экспериментальных данных. Процесс разрушения угольного массива под действием сил горного давления основан

на проникновении трещин от обнаженной поверхности вглубь массива, их расширения и как следствие образования зон отжима угля. Выделяются основные причины отжима угля по периметру выработок закрепленных рамной крепью (таблица).

Рассмотренные причины предполагают наличие свободного пространства между рамной крепью и обнаженной поверхностью массива, не значительного по объему, но выполняющего роль механизма, запускающего процесс отжима (отслоения) массива под действием сил горного давления.

Процесс отжима массива на обнаженной поверхности выработки, закрепленной податливой крепью, протекает в определенной последовательности, когда каждый предыдущий этап отжима способствует появлению следующего и последующего продолжения.

1. В оставленных пустотах происходит постепенное накопление отжатого и отслоившегося угольного массива в виде разрыхленного слоя.

2. Увеличивается давление слоя отжатого массива на разрыхленный материал, что приводит к его объемному сжатию и усадке.

3. Увеличивается давление на рамную крепь, что приводит к ее деформа-

ции, при этом начальный этап процесса упругого взаимодействия характеризуется максимальной деформацией крепи при минимальном давлении.

4. По мере усадки материала и деформации элементов рамной крепи образуется дополнительный объем пустот, который способствует продолжению процесса отжима и увеличению толщины отжатого слоя. Рассмотренные физические процессы в угольном массиве и по периметру крепи выемочных выработок, а также последовательность их участия, заложены в модель обоснования параметров зон полного отжима.

В процессе ожидания очистных работ в выемочных выработках закрепленных рамной крепью наблюдаются различные проявления отжима угля.

1. Косвенные проявления отжима угольного массива, наблюдаемые по второстепенным признакам:

- конвергенция поверхностей массива по периметру выработки (вчерне) замеряемая инструментально в двух направлениях: горизонтальном по оси X и вертикальном, по оси Y ;
- деформация основных элементов крепи, включающая изменение размеров между внутренними поверхностями (в свету) по трем линиям замера в каждом из двух направлений: горизонтальном по оси X и вертикальном, по оси Y .

2. Фактическое проявление отжима угля в виде свода обрушения, наблюдаемого после срезания деревянной крепи выемочных выработок струей гидромонитора на начальной стадии отработки очистных заходок. Параметры свода обрушения замеряются инструментально: по оси Y , между затяжкой верхняка крепи и верхней точкой обнаженной поверхностью свода обрушения и по оси X , между затяжкой правой и левой стоек крепи и обнаженной поверхностью свода обрушения.

В выемочных выработках, пройденных по мощным пластам и закрепленных

податливой рамной крепью, смысл приобретают инструментальные замеры деформации крепи, чем замеры конвергенции почвы, кровли и бортов выработки, что объясняется реальными условиями работы реперов на замерных станциях.

В результате отжима угля на обнаженной поверхности горного массива, установленные репера отделяются с отжатым углем и:

- вываливаются в окно межрамной перетяжки для наблюдения;
- удерживаются в отжатом слое угля, но хаотично изменяют пространственное положение.

В модель обоснования параметров отжима угольного массива по периметру выемочных выработок заложены экспериментальные данные:

- инструментально замеряемая деформация рамной крепи под действием отжатого массива и сил горного давления (a — в пределах допустимых изгибов элементов крепи, b — после разрушения основных элементов крепи);
- инструментально замеряемые размеры зон полного отжима, рассчитанные объемы обрушенных пород в выработку и данные предварительно измеренной деформацию основных элементов рамной крепи.

Использование экспериментальных и аналитических методов исследований позволяет определить объем отжатого угля по периметру выемочных выработок под воздействием горного давления, от которого в значительной мере зависят показатели гидравлического разрушения угольного массива.

Образование трещин в массиве под действием сил горного давления, его расслоение и отжим — отделение от массива, происходит с выделением характерных зон по периметру выработки имеющему различную нарушенность (рисунок). Струя гидромонитора является рабочим инструментом чувствительным к различ-

ным зонам нарушения массива, поэтому каждой зоне соответствуют различные этапы процесса гидравлического разрушения, которые реализуются последовательно друг за другом и оказывают различное влияние на производительность.

Угольный массив в зоне полного отжима угля характеризуется полным структурным разрушением и отделением (отслоением) от более устойчивого массива. Зона представлена в виде разрыхленной массы из отдельностей слагающих горный массив, перемешанной после падения и движения в направлении остав-

ляемых пустот. Линия, отделяющая зону полного отжима угля от более прочного массива, называется первой переходной границей ПГ-1 (рисунок, г, ПГ-1).

Зоне полного отжима соответствует первый этап выемки угля в очистной заходке, на котором после среза струей гидромонитора деревянных стоек рамной крепи отжатая часть массива под действием собственного веса отделяется от более устойчивой части и падает в заходку.

После полного отжима части массива образуется полость в виде естественного свода обрушения объемом $V_{от} =$

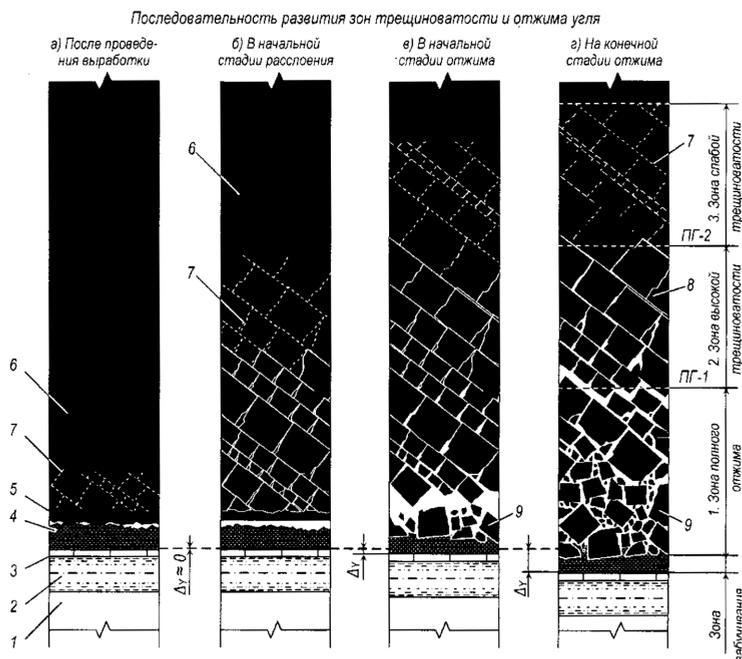
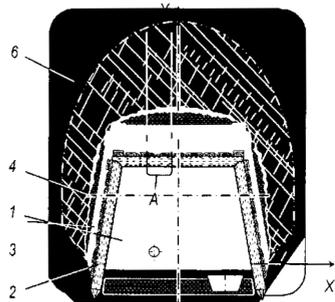


Схема расположения зоны отжима по периметру выработки



Условные обозначения:

- 1 – Поперечное сечение выработки;
- 2 – Деревянная рамная крепь;
- 3 – Деревянная затяжка;
- 4 – Забученная разрыхленная масса;
- 5 – Не забученная пустота;
- 6 – Не тронутый массив;
- 7 – Трещиноватый массив;
- 8 – Структурно разрушенный массив;
- 9 – Структурно разрушенный и отделенный угольный массив;
- ПГ-1 – Первая переходная граница;
- ПГ-2 – Вторая переходная граница;
- Δy – Деформация крепи по оси Y.

Схемы образования зон трещиноватости и отжима угля по периметру подэтажного штрека при отработке крутых пластов

= 30–50 м³ и формой, зависящей от расположения выработки между кровлей и почвой пласта, его мощности и угла падения.

Если время затраченное на срезание стоек крепи струей гидромонитора удалить из продолжительности процесса гидравлического разрушения и отнести его к общим затратам времени на выемку угля и время падения отжатого угля, как продолжительность гидроразрушения, принять равным нулю $t_p \approx 0$, то в зоне полного отжима угля возникает бесконечно большая мгновенная производительность гидравлического разрушения

$$P_{ор1} = \frac{V_{ор1} \rho_y}{t_p} = \frac{10 \cdot 1,3}{0} = \infty ,$$

где $P_{ор1}$ — производительность гидроразрушения в зоне полного отжима угля; $V_{ор1}$ — объемом в зоне полностью отжатого угля; t_p — продолжительность гидроразрушения; ρ_y — плотность угля.

Зона высокой трещиноватости характеризуется полным структурным разрушением массива на отдельности, которые продолжают занимать место в общей структуре массива (по аналогии с кирпичной кладкой без связующего раствора). Сжатое состояние уложенных отдельностей удерживает их между собой и препятствует массовому отделению от массива под собственным весом. Линия, отделяющая зону высокой трещиноватости от более прочного массива, называется второй переходной границей ПГ-2 (рисунок, г, ПГ-2).

Зоне высокой трещиноватости соответствует второй этап выемки угля в очистной заходке, который включает гидравлическое разрушение угольного массива. Характерной особенностью зоны является быстрое отделение большой массы угля от массива при незначительном воздействии струи за время разрушения измеряемое секундами $t_p \approx 12$ –15 с. Данный этап напоминает оборку

поверхности забоя струей от нависающих разрушенных масс угля, где производится гидравлическое разрушение угольного массива с переменным участием в разрушении сил горного давления, которое изменяется от максимального до минимального значения по мере удаления разрушаемой поверхности от выработки.

На втором этапе гидроотбойки от массива отделяется объем угля составляющий от 40% до 50% от объема зоны полного отжима, что соответствует большой мгновенной средней производительности

$$P_{ор2} = \frac{V_{ор2} \rho_y}{t_p} = \frac{5 \cdot 1,3}{0,0012} \approx 5000 \text{ т/ч},$$

где $P_{ор2}$ — производительность гидроразрушения в зоне высокой трещиноватости; $V_{ор2}$ — объемом угля в зоне среднего отжима; t_p — продолжительность гидроразрушения; ρ_y — плотность угля.

Зона слабой трещиноватости характеризуется частичной трещиноватостью массива не разрушающей структуру пласта и не разделяющей ее на самостоятельные отдельности. Ей соответствует третий этап выемки угля в очистной заходке, характерной особенностью переходной зоны является постепенное снижение производительности гидравлического разрушения до минимального значения, наблюдаемое в средней части подэтажа (полосы) в центральном ядре или зоне объемного сжатия. При дальнейшей выемке угля в очистной заходке, за зоной слабой трещиноватости, происходит незначительное увеличение производительности на фоне увеличения дальности действия струи и снижения ее гидродинамических параметров.

Этапы отжима угля по периметру выемочных выработок положены в основу разработки физической модели процесса гидравлического разрушения угольного массива с участием сил горного давления.

По данным наблюдений за выемкой угля при отработке пластов крутого падения участие полного отжима угольного массива силами горного давления в разрушении, при котором гидравлическое разрушение не требуется. Объем добываемого угля в очистных заходках оценивается в: 10–15% при правильно выбранных параметрах очистных заходок; 20–30% при заниженных параметрах очистных заходок; 5–10% при завышенных параметрах очистных заходок.

По периметру выемочных выработок, под действием нормального и опорного горного давления возникает два типа зон полного отжима, которые отличаются величиной отжатого объема и технологическими условиями их возникновения.

1. Первая зона полного отжима появляется на начальном этапе воздействия горного давления и продолжается до полного заполнения пустот, оставляемых по периметру крепи выработки и образующихся за счет сжатия сыпучего материала и упругой деформации крепи под давлением отжатого слоя, т.е. нарастающий текущий объем зоны отжатого угля ограничен объемом пустот и равен приведенному объему первой зоны полного отжима

$$V_{от} = [V_{от1}], \quad (1)$$

где $V_{от}$ — текущий объем зоны отжима угля по периметру выработки; $[V_{от1}]$ — приведенный объем первой зоны полного отжима. Горное давление со стороны массива, в процессе образования первой зоны отжима, не передается на раму крепи до момента подбучивания перемещающейся обнаженной поверхности массива отжатым материалом.

2. Вторая зона полного отжима возникает, если на конечном этапе форм-

мирования отжатого слоя давление на крепь превышает предельно допустимое значение, и происходит разрушение элементов рамной крепи.

Разрушение крепи происходит мгновенно, поэтому скачкообразно увеличивается деформация крепи. В результате деформации крепи объем зоны полного отжима возрастает на величину второго приведенного значения

$$V_{от} = [V_{от1}] + [V_{от2}], \quad (2)$$

где $[V_{от2}]$ — приведенный объем второй зоны полного отжима массива.

Второй объем зоны полного отжима $[V_{от2}]$ возникает после полной реализации первого объема $[V_{от1}]$, но он может не появиться, что наблюдается при отработке пластов с различной шириной подготавливаемых полос (высотой подэтажа), например, при отработке свиты пластов крутого падения:

- при наклонной высоте подэтажа $h_n = 6 \div 8$ м с отработкой пластов малорасходным гидромонитором ГМДЦ-ЗМ, разрушение крепи опорным горным давлением наблюдалось на пластах I Внутренний, II Внутренний, III Внутренний;

- при наклонной высоте подэтажа $h_n = 10 \div 12$ м с отработкой этих пластов большерасходным гидромонитором ГМДЦ-ЗМ, разрушение крепи опорным горным давлением наблюдалось на пласте III Внутренний, а на других пластах свиты разрушение крепи опорным горным давлением прекратилось.

Второй этап отжима (2) связан с разрушением крепи опорным горным давлением, а при использовании гидромониторов с повышенными дальностью действия струи, перестает существовать поэтому остается первый этап отжима (1).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фомичев С. Г. Имитационное моделирование процессов гидравлической выемки угля для обоснования параметров технологии очистных работ. Дисс. канд. техн. наук. — Новокузнецк: ВНИИГидроуголь, 1997. — 190 с.

2. Теодорович Б. А., Цяпко Н. Ф., Гефт В. Б. Методы расчета производительности гидромонитора по базовой производительности гидровыемки / Вопросы гидравлической добычи угля. Сборник статей. Труды ВНИИГидроугля. Вып. 16. — Новокузнецк: ВНИИГидроуголь, 1969. — 138 с.

3. Гефт Ю. Б., Плетнев О. Н., Хазов В. М., Цяпко Н. Ф. К вопросу выявления резервов производительности гидромониторов и энергоемкости гидроотбойки / Вопросы гидравлической добычи угля. Сборник статей. Труды ВНИИГидроугля. Вып. 13. — Новокузнецк: ВНИИГидроуголь, 1966. — С. 42–50.

4. Гефт Ю. Б. Определение влияния мощности пласта на производительность гидромонитора / Вопросы гидравлической добычи угля. Сборник статей. Труды ВНИИГидроугля. Вып. 15. — Новокузнецк: ВНИИГидроуголь, 1968. — С. 52–58.

5. Гефт Ю. Б. Некоторые результаты исследований гидромониторной выемки на действующих гидрошахтах Кузбасса / Вопросы гидравлической добычи угля. Сборник статей. Труды ВНИИГидроугля. Вып. 16. — Новокузнецк: ВНИИГидроуголь, 1969. — С. 87–90.

6. Цяпко Н. Ф., Гефт Ю. Б. Зависимость производительности струи гидромонитора от расстояния до насадка / Вопросы гидравлической добычи угля. Сборник статей. Труды ВНИИГидроугля. Вып. 1. — Новокузнецк: ВНИИГидроуголь, 1968. — С. 12–16.

7. Гефт Ю. Б., Хазов В. М. Изменение производительности гидромонитора в блоке по мере развития горных пород / Вопросы гидравлической добычи угля. Сборник статей. Труды ВНИИГидроугля. Вып. 21. — Новокузнецк: ВНИИГидроуголь, 1970. — С. 94–100.

8. Бартышев А. В. Эмпирическая модель разрушения угольного массива струей гидромонитора / Труды 6-й Всероссийской конференции «Краевые задачи и математическое моделирование». — Новокузнецк: НФИ КемГУ, 2004. — С. 32–40.

9. Шавловский С. С. Основы динамики струй при разрушении горного массива. — М.: Наука, 1979. — 432 с.

10. Бартышев А. В. Полуэмпирическая модель гидромониторной струи / Информационные технологии в экономике, промышленности и образовании. — М., 2003. — С. 54–58.

11. Кузьмич И. А., Никонов Г. П., Гольдин Ю. А. Разрушение горных пород струями воды высокого давления. — М.: Недра, 1985. — 173 с.

12. Стефанюк Б. М. Снижение энергозатрат гидравлической технологии добычи угля. Дисс. докт. техн. наук. — Новокузнецк: ВНИИГидроуголь, 1998. — 352 с. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Кочуров Андрей Николаевич¹ — заместитель главного технолога службы крепления горных выработок,

Раджабова Любовь Геннадиевна¹ — главный специалист,

Бородкин Павел Сергеевич — управляющий, ООО «КузбассСтройМонтаж».

¹ Филиал ООО «Сибниинуглеобоготение», г. Прокопьевск.

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2018. No. 4, pp. 21–28.

A.N. Kochurov, L.G. Radzhabova, P.S. Borodkin

ZONES OF COAL SLOUGHING AND FRACTURING IN PRODUCTION HEADING DURING HYDRAULIC MINING

In hydraulic mining, coal sloughing in side walls and roof of roadways is assumed as a positive process promoting the enhancement in the technology efficiency. At the same time, the method to calculate coal sloughing and its influence on the hydraulic mining efficiency has a few drawbacks. The use of the current method of coal sloughing zone calculation in case of steeply dipping beds yields considerable divergence between theoretical efficiency of hydraulic destruction and the experimental data. The physical processes running in rock mass and at the outback of support in production headings, as well as the sequence of the processes are included in the model of evaluation of coal sloughing zone parameters. The mathematical model makes it possible to determine the volume of coal sloughing along the boundaries of production headings under the action of rock pressure, which greatly influences performance of hydraulic destruction of coal. There can be three zones of coal

sloughing. The full sloughing zone corresponds to the first stage of mining when the shear of legs of timber frame support allows the sloughing coal mass to separate by gravity from more stable part of coal seam and to fall in the face. The zone of high fracturing is characterized by total structural jointing, and the joints remain being the elements of the general structure of rock mass. The zone of weak fracturing features partial destruction of coal without being divided into separate structural blocks.

Key words: rock pressure, coal sloughing zone, rock mass fracturing, entry way, hydraulic mining, coal.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-4-0-21-28

AUTHORS

Kochurov A.N.¹, Deputy Chief Technologist of Walling Service,
Radzhabova L.G.¹, Chief Specialist,
Borodkin P.S., Manager, Branch of LLC «KuzbassBauMontache»,
¹ Branch of LLC «Sibniinglebogaschenie», Prokopyevsk, Russia.

REFERENCES

1. Fomichev S.G. *Imitatsionnoe modelirovanie protsessov gidravlicheskoj vyemki uglya dlya obosnovaniya parametrov tekhnologii oчитstnykh rabot* (Simulation modeling of the processes of hydraulic coal mining for substantiation of the parameters of mining technology), Novokuznetsk, VNIIGidrougol', 1997, 190 p.
2. Teodorovich B. A., Tsyapko N. F., Geft V. B. *Voprosy gidravlicheskoj dobychi uglya. Sbornik statey. Trudy VNIIGidrouglya*. Vyp. 16 (Questiones of hydraulic coal mining. Collected papers. Proceedings of VNIIGidrougol, issue 16), Novokuznetsk, VNIIGidrougol', 1969, 138 p.
3. Geft Yu. B., Pletnev O. N., Khazov V. M., Tsapko N. F. *Voprosy gidravlicheskoj dobychi uglya. Sbornik statey. Trudy VNIIGidrouglya*. Vyp. 13 (Questiones of hydraulic coal mining. Collected papers. Proceedings of VNIIGidrougol, issue 13), Novokuznetsk, VNIIGidrougol', 1966, pp. 42–50.
4. Geft Yu. B. *Voprosy gidravlicheskoj dobychi uglya. Sbornik statey. Trudy VNIIGidrouglya*. Vyp. 15 (Questiones of hydraulic coal mining. Collected papers. Proceedings of VNIIGidrougol, issue 15), Novokuznetsk, VNIIGidrougol', 1968, pp. 52–58.
5. Geft Yu. B. *Voprosy gidravlicheskoj dobychi uglya. Sbornik statey. Trudy VNIIGidrouglya*. Vyp. 16 (Questiones of hydraulic coal mining. Collected papers. Proceedings of VNIIGidrougol, issue 16), Novokuznetsk, VNIIGidrougol', 1969, pp. 87–90.
6. Tsyapko N. F., Geft Yu. B. *Voprosy gidravlicheskoj dobychi uglya. Sbornik statey. Trudy VNIIGidrouglya*. Vyp. 1 (Questiones of hydraulic coal mining. Collected papers. Proceedings of VNIIGidrougol, issue 1), Novokuznetsk, VNIIGidrougol', 1968, pp. 12–16.
7. Geft Yu. B., Khazov V. M. *Voprosy gidravlicheskoj dobychi uglya. Sbornik statey. Trudy VNIIGidrouglya*. Vyp. 21 (Questiones of hydraulic coal mining. Collected papers. Proceedings of VNIIGidrougol, issue 21), Novokuznetsk, VNIIGidrougol', 1970, pp. 94–100.
8. Бартышев А. В. Труды 6-й Всероссийской конференции «Краевые задачи и математическое моделирование». Новокузнецк: НФИ КемГУ, 2004, pp. 32–40.
9. Shavlovskiy S. S. *Osnovy dinamiki struy pri razrushenii gornogo massiva* (Fundamentals of jet dynamics in the destruction of the mountain massif), Moscow, Nauka, 1979, 432 p.
10. Bartyshev A. V. *Informatsionnye tekhnologii v ekonomike, promyshlennosti i obrazovanii* (Information technologies in Economics, industry and education), Moscow, 2003, pp. 54–58.
11. Kuz'mich I. A., Nikonov G. P., Gol'din Yu. A. *Razrushenie gornyx porod struyami vody vysokogo davleniya* (Destruction of rocks by high-pressure water jets), Moscow, Nedra, 1985, 173 p.
12. Stefanyuk B. M. *Snizhenie energozatrat gidravlicheskoj tekhnologii dobychi uglya* (Reduction of energy consumption hydraulic technology of coal mining), Doctor's thesis, Novokuznetsk, VNIIGidrougol', 1998, 352 p.

FIGURE

Schemes of zones of fracturing and sloughing of coal along the boundary of sublevel drift in steeply dipping bed.

TABLE

Main causes of coal sloughing under action of rock pressure along the boundary of roadways with the frame support.