

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

УДК 622.241.54:539.3

Н.В. Черданцев, В.Т. Преслер, В.А. Федорин, В.Е. Ануфриев

УСТОЙЧИВОСТЬ ЦЕЛИКОВ С УЧЁТОМ ВЫВАЛООБРАЗОВАНИЯ В ГЕОТЕХНОЛОГИИ HIGHWALL

По комбинированной (открыто-подземной) геотехнологии (геотехнологии HIGHWALL или КГРП) угольные пласты отрабатываются в приконтурной части карьера путём применения для проведения выработок роторных агрегатов. Эффективность и перспективы использования этой технологии приведены в статьях [1, 2]. В Кузбассе технология HIGHWALL применялась на угольном разрезе «Распадский».

По-видимому, основной проблемой широкого применения этой технологии является недостаточное обоснование устойчивости угленосного массива, расположенного между выработками, и называемого междукамерным целиком. В процессе отработки пласта неустойчивые породы в целике приводят к завалам выработки и комплекса, вызывая сбои угледобычи, снижая производительность труда, что ограничивает применение этого комплекса (агрегата).

Углевмещающий породный массив является массивом осадочных горных пород, а потому обладает неперменным свойством, характерным для него – наличием систем ослаблений, обусловленных слоистостью, кливажными и иными трещинами, и называемыми в геомеханике поверхностями ослабления.

Горные породы по этим направлениям имеют более низкие характеристики прочности по сравнению с основной породой, расположенной между этими поверхностями и, естественно, разрушаются, прежде всего, по ним сдвигом или отрывом. Математически такие условия формулируются согласно критерию разрушения Мора–Кузнецова, в котором в качестве параметров входят характеристики прочности горной породы – угол внутреннего трения φ и коэффициент сцепления K .

Области, в которых произошло разрушение массива по поверхностям ослабления, называются зонами нарушения сплошности (ЗНС) [3].

Породы, расположенные в ЗНС, склонны к вывалам, а потому неустойчивы.

В геомеханике считается, что массив в окрестности системы выработок не устойчив, если целик, т.е. массив пород, расположенный в промежулке между выработками полностью разрушен. Породы в этом целике выдавливаются внутрь выработок, а его края получают значительные смещения. Он превращается в своеобраз-

ную выработку, в окрестности которой образуются новые области разрушения ещё больших размеров. Массив пород с поверхностями ослабления в окрестности системы выработок считается неустойчивым, если ЗНС от каждой выработки смыкаются друг с другом, образуя единую зону, которую и называют областью неустойчивости, она также может рассматриваться как вторично образованная выработка.

Поэтому с точки зрения оптимального размещения выработок, при котором размеры ЗНС минимальны, задача по установлению положения областей неустойчивости, их размеров и конфигурации является важной и актуальной.

В разработанной модели геомеханического состояния анизотропного по прочности массива горных пород [3] ориентация поверхностей ослабления задаётся в пространстве углом падения α (угол между нормалью ν к поверхности и вертикальной осью поперечного сечения z) и простира́ния (азимут) β (угол между проекцией нормали на горизонтальную плоскость xOy и осью выработки x). Она играет важнейшую роль при определении размеров и конфигурации ЗНС.

Однако, как показано в [4, 5], при наличии нескольких систем поверхностей ослабления, ориентированных друг относительно друга определённым образом, ЗНС в массиве практически совпадают с ЗНС для изотропного массива, построенным с использованием критерия Кулона – Мора.

В данной статье исследования ограничили изотропным массивом, который является частным случаем массива с прочностной анизотропией, и в котором характеристики прочности приняты равными характеристикам прочности по поверхностям ослабления.

Анализ геомеханического состояния массива с поверхностями ослабления, вмещающего систему горизонтальных протяжённых параллельных выработок квадратного поперечного сечения, проведённый в рамках описанной выше модели, представлен в работах [6, 7].

Поскольку горные породы в окрестности протяжённой выработки (системы выработок) находятся в условиях плоского деформированного состояния, то использовался плоский вариант модели.

В [6] исследована устойчивость выработок и целиков при некоторых параметрах среды (коэф-

фициенте бокового давления λ , углов падения и простирания поверхностей ослабления). В ней

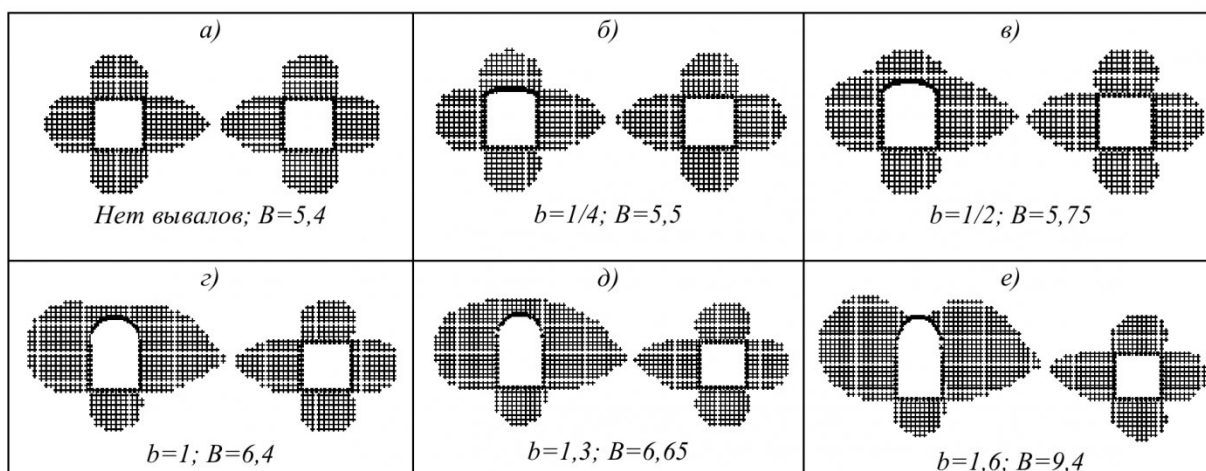


Рис. 1. ЗНС массива около системы двух выработок без учёта (а) и с учётом частичного обрушение пород в ЗНС кровли левой выработки (б - е)

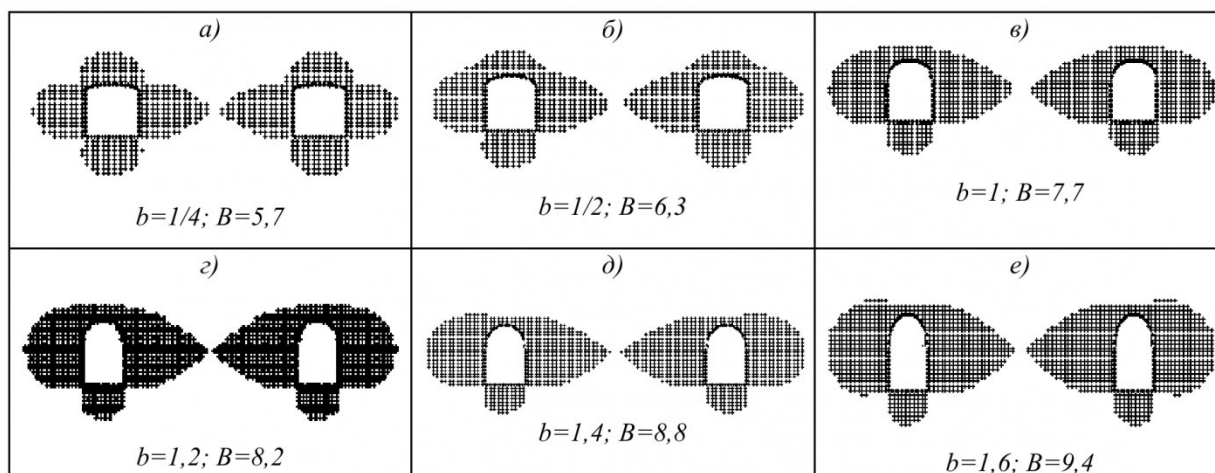


Рис. 2. ЗНС массива около системы двух выработок с учётом частичного одинакового обрушения пород в ЗНС кровли обеих выработок

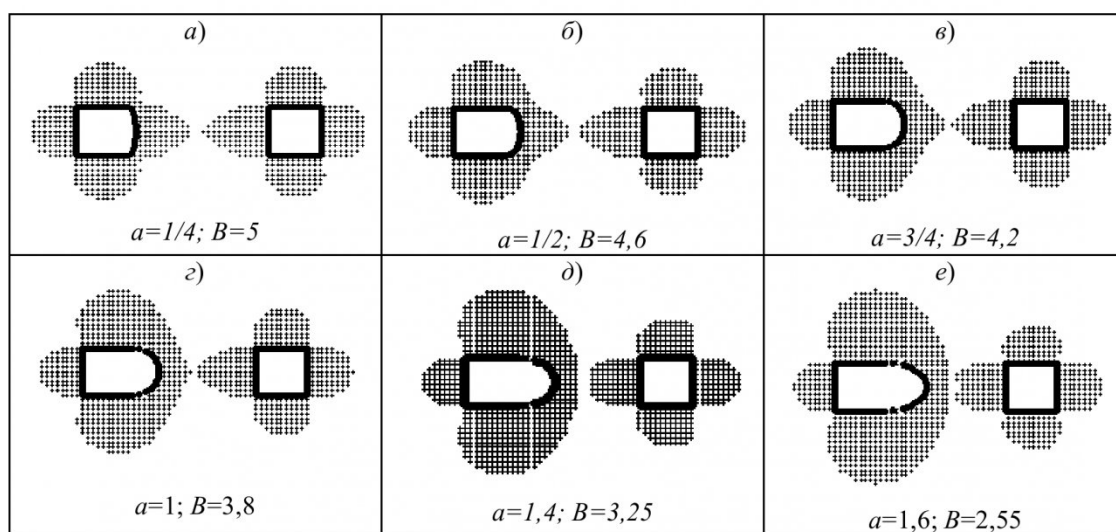


Рис. 3. ЗНС массива около системы двух выработок с учётом частичного обрушение пород в ЗНС внутреннего борта левой выработки

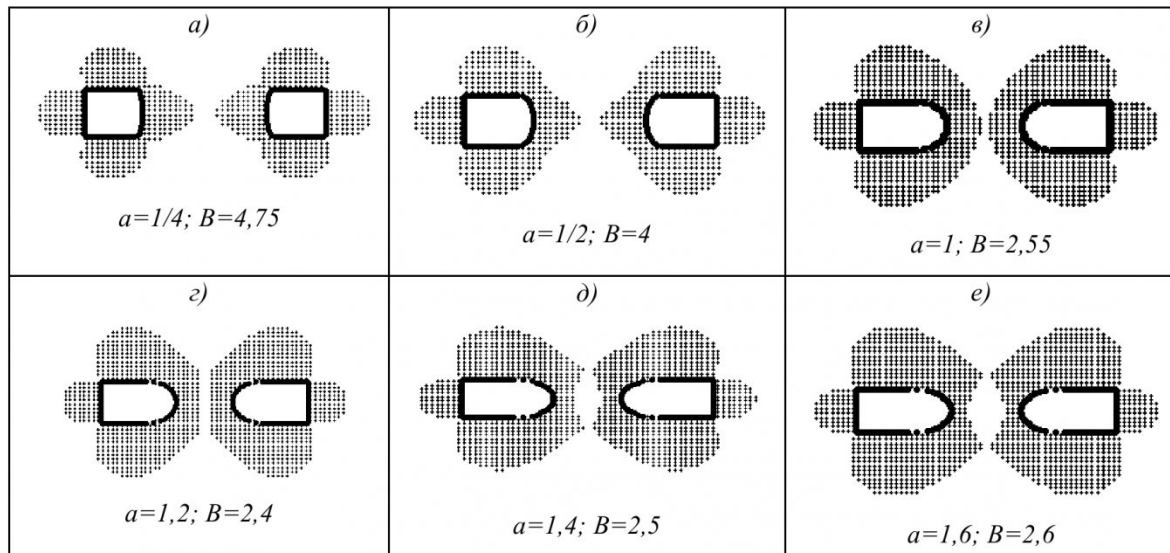


Рис. 4. ЗНС массива около системы двух выработок с учётом частичного одинакового обрушения пород в ЗНС бортов обеих выработок

размер целика принимался равным пролёту выработки. Оказалось, что при некоторых параметрах среды такой целик устойчив, а при других нет. В [7] проведено исследование устойчивого размера целика при различных параметрах среды в анизотропном и квазиизотропном массивах с выработками квадратного поперечного сечения.

В представленной статье приведены результаты исследований минимальных размеров целиков с учётом частичных вывалов породы, находящейся в ЗНС кровли и бортов выработок, при которых они и целик между ними сохраняют устойчивое состояние равновесия. Массив считается нагруженным только литологическими силами.

В расчётах принимались следующие параметры выработки и среды: $h=2$ - размер выработок квадратного поперечного сечения, γ - объёмный вес горных пород, H - глубина ведения горных работ, $\nu=0,25$ - коэффициент Пуассона, коэффициент сцепления $K/\gamma H=0$, угол внутреннего тре-

ния $\varphi=20^\circ$, $\lambda=1$.

Картины ЗНС в приконтурном массиве приведены на рис. 1 – 4. На них ЗНС от каждой выработки построены для целика, перед его потерей устойчивостью, т.е. перед самым началом смыкания ЗНС.

Минимальный устойчивый размер целика, соответствующий этому состоянию, обозначен B . Форма вывала принята полуэллипсом, большая ось, которого равна размеру выработки, а малая размером a у полуэллипса в борту и b у полуэллипса в кровле, увеличивающаяся в ходе вычислительного эксперимента, начиная с четверти единицы и заканчивающаяся максимальным значением зоны нарушения сплошности, образованной вокруг выработки до вывала в неё горной породы.

Из рисунков следует, что:

1. В окрестности системы двух выработок увеличение вертикального размера за счёт вывала

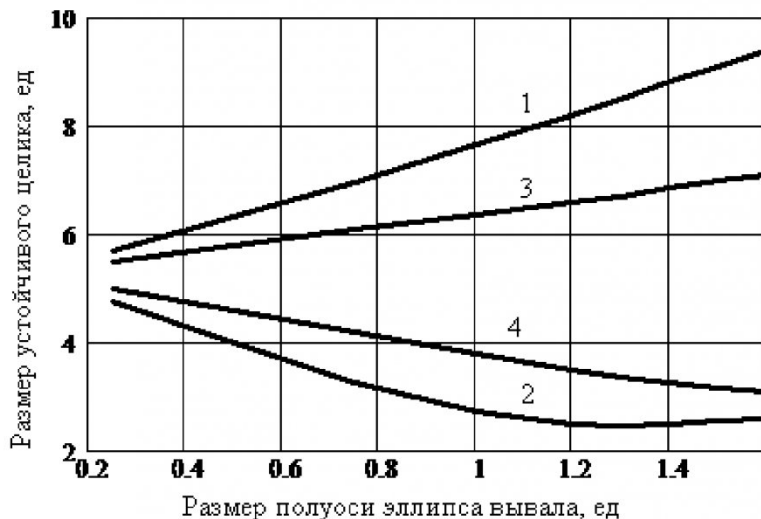


Рис. 5. Графики зависимости размера устойчивого целика от размера полуоси эллипса вывала породы, расположенной в зоне нарушения сплошности. Графики 1 и 2 соответствуют одновременным вывалам из кровли выработок (кривая 1) и борта (кривая 2). 3 и 4 – графики, соответствующие вывалам только в левой выработке (кривая 3 – вывал в кровле, кривая 4 – вывал в борту)

горной породы из кровли увеличивает размеры ЗНС вокруг этой системы, а, также размер устойчивого целика. Это касается и вывалов в одной из выработок (рис. 1 (б - е)), и одинаковых вывалов в обеих выработках (рис. 2 (а - е)). Для сравнения на рис. 1 (а) показаны ЗНС и размер устойчивого целика в окрестности системы выработок без учёта вывалообразования.

2. При вывалах из внутреннего борта одной из выработок (рис. 3 (а - е)), либо при одновременных и одинаковых вывалах (рис. 4 (а - е)) происходит увеличение размеров ЗНС вокруг этих выработок, но размер устойчивого целика сокращается.

3. Графики зависимости размера устойчивого целика от размера полуоси вывала из ЗНС приведены на рис. 5. Из него видно, что кривые 1 и 3, соответствующие вывалам в кровле выработок, имеют возрастающий характер, а кривые 2 и 4 с ростом вывалов в бортах убывают.

Анализ этих результатов позволяет сделать следующие выводы:

1. Применение модели обеспечивает достаточно полное исследование устойчивости целиков

массива с регулярной прочностной анизотропией, вмещающего систему протяжённых горизонтальных параллельных горных выработок.

2. Вывалы породы из кровли выработок увеличивает размеры зон нарушения сплошности вокруг них, а также размер устойчивого целика между ними. Увеличение размеров ЗНС происходит в борта выработок, при этом, относительный размер зоны в кровле сокращается, и она при определённых размерах вывала может исчезнуть (рис. 1 е).

3. Вывалы породы из бортов выработок также увеличивает размеры ЗНС вокруг них. Однако при этом относительный размер ЗНС в борту выработок со стороны целика, а, следовательно, и его устойчивый размер сокращается.

4. Из рис. 3 и графика 2 (рис. 5) видно, что существует минимальный размер устойчивого целика при вывалах из бортов двух выработок, соответствующий размеру полуоси эллипса в 1,32 единицы.

5. Графики, представленные на рис. 5 обеспечивают определение минимального размера целика при заданных размерах вывалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Walker S. Highwall Miners Keep the Coal Flowing. / World Coal. December 2001 – v. 10, № 12. p. 20–27.
2. Нецветов А.Г., Репин Л.Н., Соколовский А.В., Кучеренко А.В. Обоснование геомеханических параметров выемки угля с применением комплексов глубокой разработки пластов (КГРП) // Уголь.–2005.–№ 5.–С. 66–68.
3. Черданцев Н.В., Изаков В. Ю. Некоторые трёхмерные и плоские задачи геомеханики. - Кемерово: КузГТУ, 2004.-190 с.
4. Кузнецов Г.Н. Графические методы оценки предельных состояний трещиноватого массива вокруг горных выработок // Современные проблемы механики горных пород. – Л.: Наука, 1972. С. 30 – 44.
5. Черданцев Н.В., В.Т. Преслер, Изаков В.Ю. Сравнение нарушенности анизотропного и изотропного массивов горных пород в окрестности выработок // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2008. № 8. - С. 72 – 78.
6. Черданцев Н.В. Геомеханическое состояние массива горных пород с поверхностями ослабления в окрестности комплекса протяжённых горизонтальных выработок / Н.В. Черданцев, В.А. Федорин //Вест. КузГТУ.–2006.–№ 1.–С. 17–19.
7. Черданцев Н.В. Федорин В.А., Преслер В.Т. Оценка устойчивости целиков при отработке угольного пласта по геотехнологии //Вест. КузГТУ.–2008.–№ 2.–С. 14–16.

□ Авторы статьи:

Черданцев
Николай Васильевич
- докт.техн.наук, ст. научн.сотр. лаб. газодинамики и геомеханики угольных месторождений Института угля СО РАН.
E-mail: cherdantsevnnv@icc.kemsc.ru

Преслер
Вильгельм Теобальдович
- докт.техн.наук, вед. научный сотр. лаб. газодинамики и геомеханики угольных месторождений Института угля СО РАН.
Тел. 8(3842)45-20-61

Федорин
Валерий Александрович -
докт.техн.наук, зав. лаб. геотехнологии освоения угольных месторождений Института угля СО РАН
Тел. 8(3842)45-20-61

Ануфриев
Виктор Евгеньевич
- канд.техн.наук., ст. научн. сотр. лаб. газодинамики и геомеханики угольных месторождений Института угля СО РАН.
E-mail: anufrve@mail.ru.