

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

УДК 622.281

В.В. Аксенов, А.А. Хорешок, И.К. Костинец, В.Ю. Бегляков

ЗАВИСИМОСТЬ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗАБОЯ ОТ УГЛА НАКЛОНА ПОВЕРХНОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА ГЕОХОДА С ГЕОСРЕДОЙ

В настоящее время ведутся работы по созданию геологов нового поколения [1-3], одной из отличительных черт которых должен стать новый подход к проектированию исполнительных органов проходческих систем. Суть подхода заключается в том, что рациональная форма поверхности взаимодействия исполнительного органа с породой забоя входит в число исходных данных при проектировании исполнительного органа.

В работе [2] рассматривалось влияние уступа на напряженно-деформированное состояние (НДС) породы забоя, где было обосновано, что для исполнительного органа геолога (ИО) разру-

шение забоя с уступом является предпочтительным по сравнению с разрушением забоя без уступа.

Чтобы определить рациональную форму уступа и выявить тенденции к улучшению показателей работы ИО необходимо рассмотреть влияние каждого геометрического параметра уступа в отдельности. Наиболее важным элементом уступа является поверхность взаимодействия исполнительного органа с породой забоя (ПВ). Одним из геометрических параметров ПВ является угол её наклона к формируемой поверхности (рис. 1).

Чтобы оценить влияние угла наклона γ и ис-

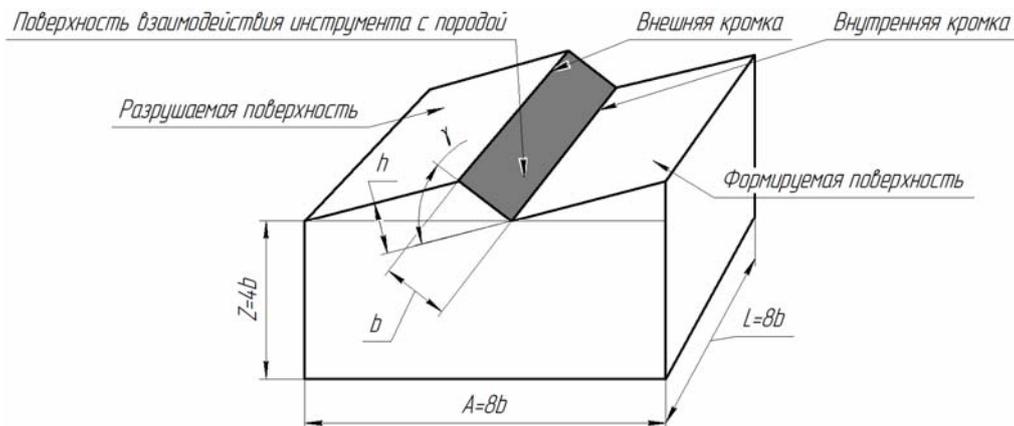


Рис. 1. Общий вид модели для оценки влияния на НДС угла наклона рабочей поверхности уступа

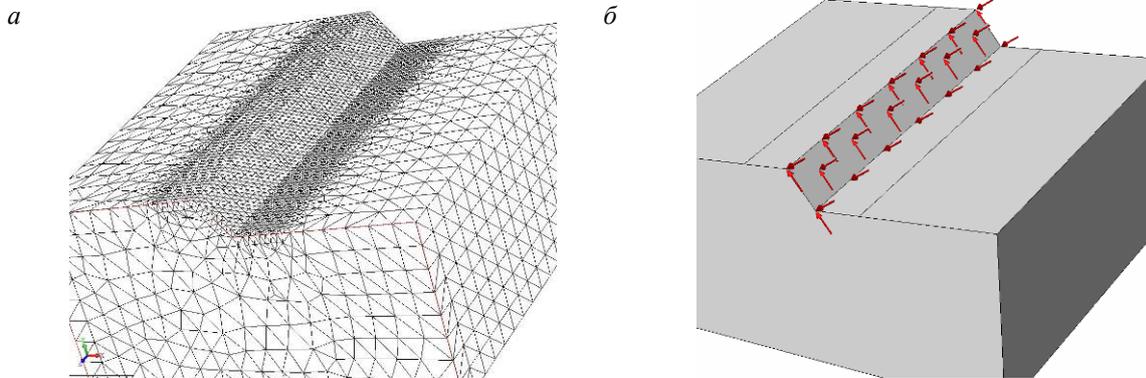


Рис. 2. Схема приложения нагрузки к модели уступа

а) сетка разбиения моделей на конечные элементы, б) схема приложения нагрузки к модели

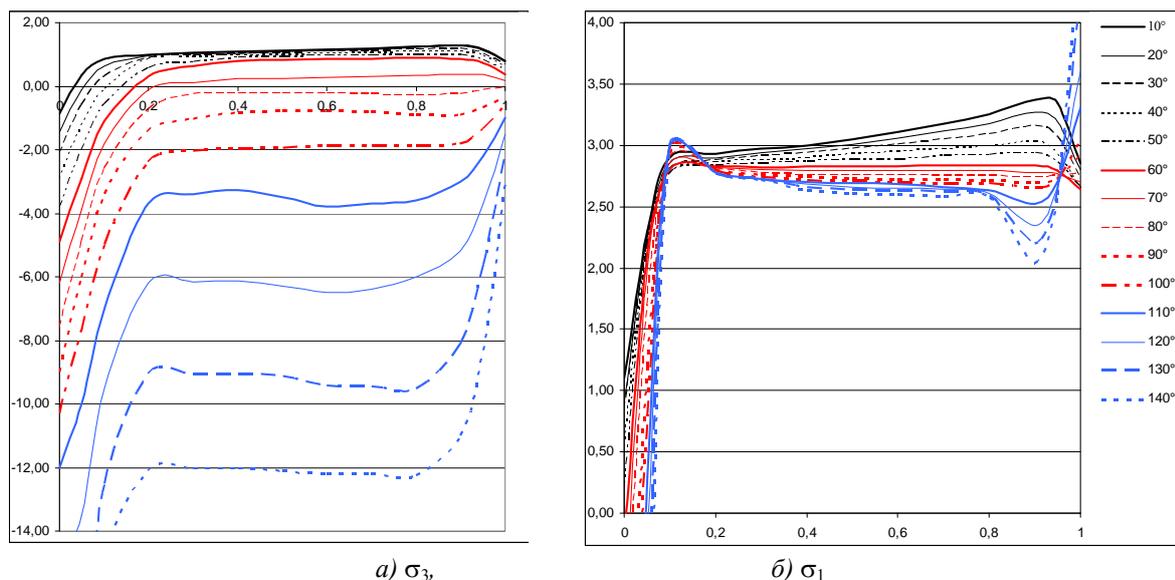


Рис. 3. Распределение главных напряжений (МПа) по поверхности взаимодействия в зависимости от угла её наклона

ключить влияние других геометрических параметров была создана модель взаимодействия исполнительного органа с породой забоя (рис. 1) с постоянной площадью ПВ и изменяемым углом её наклона γ . Ширина ПВ была назначена $b = 200$ мм, толщина срезаемого слоя $H = b \sin \gamma$, высота модели $Z = 8b = 1600$ мм, длина уступа и длина модели соответственно $L = A = 8b = 1600$ мм.

Модели разбивались на объемные 6-ти узловые конечные элементы, ПВ и прилегающие к ним области разбивались на элементы размером 20 мм, остальной объем модели разбивался на элементы размером 100 мм, переход размеров элемента от 20 до 100 мм осуществлялся на четырех переходных слоях (рис. 2 а).

К ПВ прикладывались распределенные нагрузки: нормальная $q_n = 2.48$ МПа и касательная $q_t = 0,59$ МПа (рис. 2 б).

При моделировании изменяли угол наклона ПВ γ от 10° до 140° с шагом в 10° , определялись главные напряжения σ_1 и σ_3 на поверхности взаимодействия инструмента с породой и сравнивались распределения напряжений в поверхностном слое при разных углах наклона γ .

Семейства кривых на рисунке 3 отражают зависимость главных напряжений σ_1 и σ_3 от угла наклона γ ПВ.

Из рисунка видно, что с увеличением угла γ значения напряжений σ_1 смещаются в сторону растягивающей полуоси, а при углах $\gamma > 70^\circ$ в области внутренней кромки переходят в растягивающую область, что говорит о трехосном растяжении в данной области ПВ.

Значения напряжений σ_3 также смещаются в сторону растягивающей полуоси. При углах $\gamma < 70^\circ$ на большей части поверхности σ_3 находят-

ся в сжимающей области, что говорит о преобладании трехосного сжатия на поверхности взаимодействия.

При углах $\gamma > 70^\circ$ значения напряжений σ_3 находятся в растягивающей области на всех участках поверхности взаимодействия, что исключает появление трехосного сжатия.

Смещение главных напряжений σ_3 проявляется сильнее, чем σ_1 , это приводит к увеличению касательных напряжений.

В табл. 1 показаны размеры и расположение зон трехосного растяжения и сжатия в области ПВ. Данные таблицы полностью подтверждают выводы, сделанные по графикам на рис. 4. При малых углах γ ПВ полностью находятся в области трехосного сжатия, с увеличением угла наклона области трехосного сжатия уменьшаются и при значениях $\gamma > 70^\circ$ полностью исчезают, а области трехосного растяжения появляются в области внутренней кромки.

Анализ НДС элементов забоя показал, что с ростом угла наклона рабочей поверхности уступа:

- значения главных напряжений смещаются в направлении растягивающих напряжений на всей поверхности рабочей поверхности;
- увеличивается значение касательных напряжений на всей рабочей поверхности;
- на ПВ уменьшается область распространения зон с трехосным сжатием и увеличивается область распространения зон с трехосным растяжением;
- при углах $\gamma < 70^\circ$ преобладает трехосное сжатие, при углах $\gamma > 70^\circ$ трехосное сжатие породы исчезает;
- влияние угла наклона рабочей поверхности уступа усиливается с увеличением угла;

Из проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

Таблица 1. Размеры и расположение зон трехосного растяжения и сжатия

γ	Растяжение	Сжатие	γ	Растяжение	Сжатие
10°			20°		
30°			40°		
50°			60°		
70°			80°		
90°			100°		
110°			120°		
130°			140°		

1) угол наклона рабочей поверхности уступа влияет на напряжения в породе забоя;

2) увеличение угла наклона создает предпосылки с снижению удельной энергоемкости разрушения породы;

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксенов В.В., Ефременков А.Б., Бегляков В.Ю., Бурков П.В., Блащук М.Ю., Сапожкова А.В. Компоновочные решения машин проведения горных выработок на основе геовинчестерной технологии // Горный информационный аналитический бюллетень/ Москва, МГГУ, 2009– №1. С. 251-259.

2. Аксенов В.В., Садовец В.Ю., Бегляков В.Ю. Влияние уступа на НДС призабойной части горной выработки // Сборник трудов II Международной научно-практической конференции с элементами научной школы для молодых ученых «Инновационные технологии и экономика в машиностроении». 19 - 20 мая, 2011 г. / ЮТИ. – Томск: Томский политехнический университет, 2011. - С.575-580.

3. Аксенов В.В., Садовец В.Ю., Бегляков В.Ю. Создание исполнительных органов геоходов нового поколения // Материалы II научно-практической конференции студентов, аспирантов и профессорско-преподавательского состава в филиале ГУ КузГТУ в г. Белово «Новые технологии в угольной отрасли и экономике». Белово 2009. – Кемерово: КузГТУ, 2009. – С.71-76.

□ Авторы статьи:

Аксенов
Владимир Валерьевич,
докт. техн. наук, проф. ЮТИ
ТПУ, зав. лаб. угольной геотехники
Ин-та угля СО РАН.
E-mail: v.aksenov@icc.kemsc.ru

Хорешок
Алексей Алексеевич,
докт. техн. наук, профессор,
зав. каф. горных машин и комплексов
КузГТУ,
тел. 8(3842) 39-69-40.

Костинiec
Ирина Константиновна,
директор филиала
КузГТУ (г. Белово),

Бегляков
Вячеслав Юрьевич,
старший препод.
ЮТИ ТПУ.
E-mail:
v.aksenov@icc.kemsc.ru

УДК 622.235.62

В. А. Ковалев, О. И. Литвин

РАЦИОНАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР СКВАЖИН ПРИ ПОДГОТОВКЕ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД К ЭКСКАВАЦИИ ОБРАТНЫМИ ГИДРАВЛИЧЕСКИМИ ЭКСКАВАТОРАМИ

Диаметр взрывных скважин является вторым по значимости технологическим параметром после удельного расхода взрывчатого вещества (ВВ), который влияет на качество дробления горной массы при ее подготовке к экскавации на разрезах. Экскаваторы типа обратной гидравлической лопаты (ЭГО), которые в настоящее время находят широкое применение на разрезах, более чувствительны к качеству взрывной подготовки горной массы по сравнению с прямыми механическими лопатами (ЭКГ).

Поэтому имеющиеся рекомендации по выбору рациональных значений диаметра взрывных скважин не могут быть автоматически перенесены с экскаваторов ЭКГ на экскаваторы ЭГО.

При обосновании типоразмеров буровых станков и, соответственно, диаметра скважин часто ориентируются на производительность станков по обуренной горной массе, которая возрастает по мере увеличения мощности и диаметра бурового инструмента. Именно поэтому на разрезах Кузбасса наряду с наиболее распространенным диаметром бурения 216 мм стали появляться станки для бурения взрывных скважин диаметром 240,

270 и, даже, 320 мм.

В научной литературе представлены различные взгляды на механизм влияния диаметра скважин на качество дробления горной массы, а также заметно отличающиеся рекомендации по выбору рационального его значения при взрывной подготовке вскрышных пород на карьерах.

М. Ф. Друкованный [1] считает, что с увеличением диаметра заряда увеличивается время действия взрывных нагрузок на массив, а объем перемельченной породы в ближней зоне взрыва не зависит от диаметра заряда. Это дает ему основание считать, что увеличение диаметра заряда приводит к повышению интенсивности и равномерности дробления пород.

Противоположной точки зрения придерживаются Л. И. Барон, Ф. И. Кучерявый, В. Н. Мосинец и другие [2, 3, 4], объясняя это, в частности, повышением равномерности распределения ВВ в массиве и увеличением числа отдельностей, оказывающихся в сфере дробящего действия зарядов.

Практика показывает, что в крупноблочных породах увеличение диаметра зарядов при постоянном удельном расходе ВВ приводит к значи-

тельному увеличению выхода негабарита. Чтобы при увеличении диаметра заряда сохранить степень дробления на определенном уровне, необходимо увеличить удельный расход ВВ.

Диаметр скважин предопределяет равномерность распределения ВВ в массиве – чем меньше диаметр скважин, тем равномернее распределяется взрывчатое вещество. Общеизвестным является физический принцип, в соответствии с которым уменьшение диаметра скважин при прочих равных условиях способствует повышению степени и равномерности дробления взорванной горной массы.

Однако в практических условиях существуют ограничения, связанные с увеличением объемов и затрат на бурение взрывных скважин меньшего диаметра.

Н. Я. Репин [5] отмечает, что большие возможности регулирования степени дробления пород за счет изменения диаметра зарядов не вызывают сомнений. В то же время надо иметь в виду, что эффективность этого способа регулирования определяется свойствами пород.

Независимо от структурных и физико-механических свойств массива увеличение диаметра зарядов приводит к снижению степени дробления породы. Но интенсивность снижения

качества дробления с увеличением диаметра скважин существенно зависит от взрываемости пород: в крупноблочных трудно взрываеваемых породах она значительно выше, чем в породах средней взрываемости. Качество же дробления сильно трещиноватых легко взрываеваемых пород с увеличением диаметра скважин изменяется несущественно.

Рациональные значения диаметра взрывных скважин по критерию технико-экономической эффективности для условий угольных разрезов применительно к одноковшовым экскаваторам отечественного производства наиболее подробно представлены в работах Н. Я. Репина, А. В. Бирюкова, А. С. Ташкинова, И. А. Паначева [5 – 8].

Авторы обосновали качественную взаимосвязь рекомендуемых значений диаметра скважинных зарядов с прочностью взрываеваемых пород и емкостью ковша экскаваторов, как основного технологического параметра выемочного оборудования – для более прочных пород рекомендуются меньшие диаметры взрывных скважин, а для более мощных экскаваторов возможно применение буровых станков с относительно большими диаметрами бурения.

Что касается количественных значений рекомендуемых диаметров скважин, то они заметно

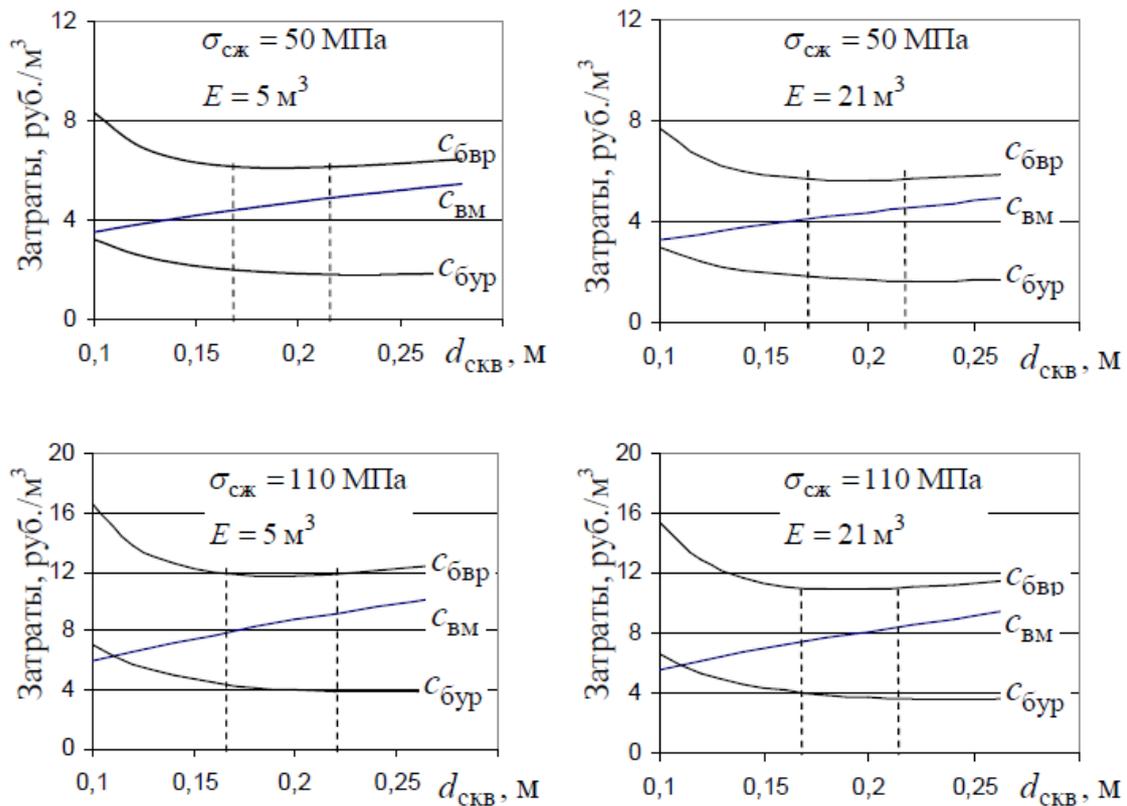


Рис. 1. Зависимость удельных затрат (руб./м³) на бурение ($C_{\text{бур}}$), взрывчатые материалы ($C_{\text{ВМ}}$) и буровзрывные работы ($C_{\text{бвр}}$) от диаметра взрывных скважин при различных значениях прочности вскрышной породы и емкости ковша экскаваторов ЭГО

отличаются в цитируемых публикациях.

Учитывая тот факт, что для экскаваторов ЭГО требуется более качественная подготовка взорванной горной массы, высокая значимость такого параметра буровзрывных работ как диаметр взрывных скважин, а также отсутствие в настоящее время соответствующих рекомендаций, авторами выполнены исследования технико-экономических показателей буровзрывных работ при использовании экскаваторов ЭГО в части влияния на них диаметра взрывных скважин.

Закономерности изменения удельного расхода ВВ и производительности буровых станков в зависимости от диаметра скважин позволили установить в свою очередь закономерность изменения совокупных затрат на буровзрывные работы (рис. 1) применительно к экскаваторам ЭГО.

Использование станков с большими диаметрами бурения скважин способствует увеличению производительности бурового оборудования и снижению затрат на бурение.

При этом практически пропорционально увеличивается удельный расход, обеспечивающий рациональную степень дробления породы. Увеличение его связано также с необходимостью большего перебура скважин относительно подошвы уступа.

Таким образом снижение затрат на бурение

непременно сопровождается увеличением затрат на взрывчатые материалы.

Удельный расход ВВ и диаметр взрывных скважин призваны обеспечить рациональное качество дробления независимо от прочности породы. Поэтому затраты на выемочно-погрузочные работы при различных значениях диаметра скважин теоретически остаются постоянными.

Полученные результаты показывают, что независимо от прочности взрываеваемых пород и емкости ковша обратной гидравлической лопаты наименьшие затраты на буровзрывные работы имеют место в диапазоне диаметров взрывных скважин 170 – 220 мм.

Таким образом, для экскаваторов ЭГО не просматривается явная связь рационального диаметра скважин от прочности породы и емкости ковша.

Это связано, на наш взгляд, с тем, что обратные гидравлические лопаты, в отличие от экскаваторов ЭКГ отечественного производства, значительно более требовательны к качеству взрывной подготовки горной массы.

При меньших удельных усилиях на кромке ковша и значительно более низкой металлоемкости этих выемочных машин высокая их производительность должна обеспечиваться независимо от горнотехнических параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Друкотаный, М.Ф. Управление действием взрыва скважинных зарядов на карьерах / М.Ф. Друкотаный, В.С. Куц, В.И. Ильин. – М.: Недра, 1980. – 223 с.
2. Барон, Л. И. Личели Г. П. К вопросу регулирования кусковатости приотбойке трещиноватых пород скважинными зарядами. / Л. И. Барон, Г. П. Личели // «Взрывное дело», – 1961,– № 47/4. – с. 178-184.
3. Кучерявый, Ф. И. Зависимость степени дробления монолитных и блочных массивов от диаметра заряда // «Разработка рудных месторождений» – 1969. – Вып. 2, с. 38 – 46.
4. Мельников, Н.В. Степень дробления горной массы и ее влияние на производительность горнотранспортного оборудования // Н. В. Мельников / Сб. «Добыча угля открытым способом» – 1967,– № 8,– с. 15-17.
5. Репин, Н. Я. Буровзрывные работы на угольных разрезах / Н. Я. Репин, В. П. Богатырев, В. Д. Буткин и др. – М.: – Недра, – 1987.
6. Репин, Н. Я. Подготовка и экскавация вскрышных пород угольных разрезов.– М.: Недра, 1978. – 256 с.
7. Репин, Н. Я. Технологические свойства пород угольных разрезов // Н. Я. Репин, А. С. Ташкинов, А. В. Бирюков / Кузбас. политехн. ин-т. Кемерово, 1975. 144 с.
8. Репин, Н. Я. Исследования влияния диаметра скважин на степень дробления трещиноватых по род взрывом. // Н. Я. Репин, И. А. Паначев / Изв. ВУЗов. Горный журнал. – 1976. – № 6. – с. 70 – 74.

□ Авторы статьи:

Ковалев
Владимир Анатольевич,
докт. техн. наук,
ректор КузГТУ.
E-mail: rector@kuzstu.ru

Литвин
Олег Иванович,
соискатель КузГТУ,
тел. 8-913-280-61-26