

лет в их развитии наблюдается резкий рост производительности. Этому способствует изменение типов рабочих органов от буровых коронок до барабанов или шнеков с горизонтальной осью вращения. Также увеличилась установленная мощность приводов и габариты машин. При увеличении мощности и усовершенствовании типов ставов появляется возможность более глубокого прохождения штолни (до 500 м). С внедрением

современной электроники принципы управления комбайнами также изменились, что отразилось на степени извлечения запасов угля. Поскольку большинство разрезов приближается к финальному этапу своего существования, этот метод добычи угля продолжает развиваться быстрыми темпами и начинает применяться в ведущих угледобывающих стран мира (США, Австралия, Россия).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Малышева Н. А.* Разработка маломощных и сложных угольных пластов открытым способом./ Н. А. Малышева, П. И. Томаков, С. А. Дранников. – М.: Недра, 1975. 240 с.
2. *Дранников С. А.* Производительность шнекобуровых машин при рациональном использовании их в комплексе с экскаваторами./ С. А. Дранников, М. К. Пузырков.// Науч. сообщения ИГД им. А.А. Скочинского «Исследования технологии и комплексной механизации разработки угля открытым способом». – Вып. 151. – 1977. – С. 57-63.
3. Исполнительный орган шнекобуровых машин: Авт. свид. №208615 СССР, М.Кл<sup>2</sup>. Е21 D 9/10 / С. А. Дранников, Л. А. Буданчиков, В. В. Ламбров.// Ордена Трудового Красного Знамени институт горного дела им. А.А. Скочинского; Заявл. 27.05.67. Опубл. 25.05.76.
4. Применение системы Highwall для выемки угля с уступа разреза // Открытые горные работы. – 2004. – № 6. – С.54-56.
5. Проспект фирмы «Dieseko BV». – 1991.
6. Проспект фирмы «Joy Technologies Inc.». – 1992.
7. New highwall system on offer // Austral. Mining. – 1998.– 90, №11, p.10.
8. Применение механизированной выемки угля системой «Хай Уолл» в Австралии // Уголь. – 1996. – № 6. – с. 63.
9. *Книссель В.* Австралия'99 – добыча каменного угля подземным, открытым и комбинированным способами./ В. Книссель, М. Шмид, Х. Мишо.// Глюкауф. – 2001. – № 1. – С. 55-60.
10. HIGHWALL MINING APPARATUS: Пат. № 5962807 США, МКИ<sup>6</sup> E 21 C 29/00 /Joseph J. Zimmerman, Franclin, Pa. – № 501741; Заявл. 09.08.95. Опубл. 02.12.97.
11. *Нецветаев А. Г.* Технология добычи угля с применением комплексов глубокой разработки пластов./ А.Г. Нецветаев, Л. П. Репин, А. В. Соколовский.// Уголь. – 2004 – № 11. – с. 41–43.

□ Авторы статьи:

Герике  
Борис Людвигович  
- докт. техн. наук, проф.,  
главный научный сотрудник  
Института угля и углехимии СО РАН

Копытин  
Денис Валерьевич  
- аспирант Института угля  
и углехимии СО РАН

Рябцев  
Андрей Александрович  
- аспирант Института угля  
и углехимии СО РАН

**УДК 662.693**

**Б. Л. Герике, П. Б. Герике**

## **ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ АПРОБАЦИИ И НАПРАВЛЕНИЙ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ МАШИН ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ**

В рамках научно-технического сотрудничества между Дрезденским техническим университетом (Институт подъемно-транспортных, строительных машин и логистики, Германия, г. Дрезден) и Институтом угля и углехимии СО РАН (Россия, г. Кемерово) при финансовой поддержке министерства образования и исследований ФРГ была разработана математическая модель взаимодействия шнекового исполнительного органа ма-

шин для послойного фрезерования (МПФ) с разрушающим массивом горных пород, по результатам исследования которой был спроектирован и изготовлен рабочий орган машины для поверхностного послойного фрезерования крепких полезных ископаемых.

Исполнительный орган представляет собой корпус с двумя шнековыми грузчиками (со встречной навивкой погрузочных лопастей), на

котором в качестве рабочего инструмента использованы скальвающие диски (рис.1). Исследования параметров и характеристик работы исполнительного органа проводились на стенде фирмы-изготовителя машины для послойного фрезерования Test Miner-D25 «MAN TAKRAF» при разрушении бетонного блока и в щебеночном карьере при разрушении массива песчаника. Физико-механические свойства разрушаемых массивов были достаточно различны, крепость пород доходила до 65 МПа.

В целом результаты производственных испытаний макетного образца исполнительного органа испытательного комбайна Test Miner-D25 [1] подтвердили эффективность применения дискового инструмента при фрезеровании горных пород прочностью до 60 МПа. На практике доказана принципиальная способность исполнительных органов с дисковым инструментом разрушать горные массивы выше средней крепости, что позволит использовать машины для поверхностного фрезерования при открытой разработке прочных полезных ископаемых. В дальнейшем следует ожидать, что применение дискового рабочего инструмента на исполнительных органах МПФ приведет к улучшению экономических и экологических показателей при открытой разработке массивов крепких ( $\sigma_{сж} \leq 120$  МПа) горных пород.

Улучшение экономических показателей следует ожидать от снижения количества машин, используемых в технологических схемах ведения



*Рис. 1. Общий вид рабочего органа машины TM-D25*

открытых горных работ и первичной переработки твердых полезных ископаемых. Машина для поверхностного фрезерования должна заменить собой классический набор оборудования, включающий в себя буровой станок, машину для зарядки скважин, дробильное оборудование и экскаватор, что приведет к существенному сокращению капитальных затрат.

Дополнительную экономическую выгоду может принести сокращение номенклатуры запасных частей для технического обслуживания только одной машины. Кроме того, машины поверхностного фрезерования могут быть использованы в

комплексе с магистральными ленточными конвейерами, что должно привести к сокращению транспортных издержек. Накопленный опыт использования машин для поверхностного фрезерования как у нас в стране, так и за рубежом при безвзрывной тонкослоевой разработке сложноструктурных месторождений позволил определить потери угля и величину прирезки пустых пород в кровле и подошве пласта, что, в конечном итоге, определяет полноту и качество выемки полезного ископаемого. Как показали проведенные исследования, содержание золы в товарном угле может быть снижено на 3...8%, что положительно скажется не только на отпускной цене угля, но может быть получена потенциальная экономия транспортных расходов при перевозке товарной продукции.

Улучшение экологических показателей работы машин для поверхностного фрезерования с исполнительными органами, оснащенными дисковым инструментом, следует ожидать как из-за сокращения выбросов пыли, предотвращения сейсмических колебаний земной поверхности и образования негабаритов при ведении взрывных работ, так и уменьшения шумового фона.

Вследствие этого можно избежать закрытия предприятий, ведущих добычу полезных ископаемых открытым способом вблизи населенных пунктов из-за требований законов по охране окружающей среды, действующих на территории стран ЕС.

В связи с тем, что в рамках выполненных исследований было проведено промышленное опробование (in-situ) только макетного образца рабочего органа испытательного комбайна Test Miner-D25, то при промышленной реализации концепции исполнительного органа с дисковым инструментом должны быть учтены следующие основные пункты программы дальнейших исследований [2].

1. Исследование процесса разрушения других литотипов горных пород одиночным дисковым инструментом при наличии одной дополнительной свободной поверхности для определения:

- зависимостей усилий внедрения и перекатывания от физико-механических свойств разрушающего материала;

- влияния геометрических параметров дискового инструмента на величины формирующихся усилий;

- геометрических параметров разрушения, определяющих режим работы дискового инструмента.

2. Исследование условий и возможностей:

- формирования дополнительной обнаженной поверхности;

- использование дополнительной обнаженной поверхности при различных условиях разрушения.

3. Исследование схем набора дискового ин-



*Рис. 2. Машина MTS – 1250, MAN TAKRAF*

струмента на исполнительном органе для:

- реализации требуемого режима разрушения крепких горных пород с минимальными энергозатратами;
- получения требуемой кусковатости (фракционного состава) продуктов разрушения, особенно для ценных полезных ископаемых (например, для кимберлитовой руды);
- реализации возможности использования вмещающих пород в качестве строительных материалов.

4. Исследование износостойкости различных конструкционных материалов и конструктивного оформления режущей кромки дискового инструмента при использовании системы искусственных трещин, созданной в разрушающем массиве горных пород.

5. Исследование необходимой формы забоя при разрушении массивов различных полезных ископаемых, обеспечивающей реализацию рекомендуемых схем набора дискового инструмента как с точки зрения реализации потребного режима разрушения, так и с точки зрения требуемой износостойкости рабочего инструмента.

Помимо этого отдельных исследований требует вопрос интегрирования исполнительного органа в компоновку машин для поверхностного фрезерования, поскольку две возможные схемы его размещения (впереди машины и в её средней части, между передними и задними гусеницами механизма перемещения) имеют свои преимущества и недостатки.

Так, например, первая компоновочная схема удобна с точки зрения управляемости машиной, поскольку исполнительный орган расположен в поле зрения оператора, но это же является и её недостатком – внедрение исполнительного органа в массив происходит только за счет силы веса самого рабочего органа и сцепления гусениц с подошвой разрушающего слоя.

Во втором случае внедрение исполнительного органа в массив происходит под действием силы веса всей машины, но при этом ухудшается

управляемость машиной<sup>1</sup> из-за того, что зона работы исполнительного органа находится вне поля зрения оператора.

Эти исследования могли бы быть проведены как в лабораторных условиях на стенде «Heinz» Дрезденского технического университета, так и при помощи «in-situ» тестов при необходимой финансовой поддержке этих исследований. Причем лабораторные испытания могут быть выполнены без существенных затрат, поскольку капитальные вложения уже реализованы в испытательном стенде и требуется только финансирование текущих расходов на подготовку блоков из различных литотипов пород, проведение собственно исследований и обобщение полученных результатов. Проведение же «in-situ» тестов сопряжено с крупными финансовыми издержками на изготовление специальных макетных образцов испытуемых машин, поэтому апробация новых концепций компоновки машин для поверхностного фрезерования в ближайшее время затруднена.

Оснащение исполнительных органов всего типоразмерного ряда машин поверхностного фрезерования дисковым инструментом позволит существенно расширить область их использования как на безвзрывную разработку месторождений прочных полезных ископаемых (например, месторождения медной руды в Чили, где в настоящее время ведется опробование TM-D25), а также и на добычу угля из сложно-структурных месторождений (к которым относятся около трети всех угольных пластов Кузбасса, пригодных для открытых горных работ).

Машина для поверхностного фрезерования большой единичной мощности MTS-1250 (MAN TAKRAF, ФРГ) обладает большим потенциалом по сравнению с TM-D25 за счет большой единичной мощности всех приводов.

<sup>1</sup> Из опыта эксплуатации машины 2100 SM (Wirtgen, ФРГ) на руднике «Айхал» АК «АЛРОСА» (по устному сообщению главного горняка компании Филатова А. П.)

МПФ MTS-1250 не будет иметь проблем при разрушении более прочного породного массива ( $\sigma_{сж} = 60\dots120$  МПа), поскольку параметры фрезерования у машины большего типоразмера лучше из-за его большой массы, в результате чего на единицу длины забоя приходится более высокая удельная нагрузка. При этом более тяжелая машина лучше обеспечивает процесс внедрения рабочего инструмента в массив, а благодаря более высокому тяговому усилию (из-за большего сцепного веса) создается концентрация больших динамических нагрузок на рабочем инструменте.

Вибрация корпуса машины, которая и на ТМ-D25 укладывалась в норму, будет минимальной, а

срок службы отдельных узлов и элементов исполнительного органа – увеличен. Кроме того, при оборудовании МПФ MTS-1250 системой встроенной диагностики, должна устраниться проблема частого технического обслуживания.

Таким образом, можно утверждать, что сформулированные направления необходимых исследований должны обеспечить получение информации для проектирования опытных (полноразмерных) образцов рабочих органов машин для поверхностного фрезерования в конкретных горнотехнических условиях их эксплуатации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Герике Б. Л. Промышленная апробация рабочего органа машины для поверхностного фрезерования крепких горных пород./ Б. Л. Герике, П. Б. Герике // Вестник КузГТУ, № 4.1. – Кемерово. – 2005. – С. 16-19.
2. Герике П. Б. Разрушение горных пород дисковым инструментом машин для послойного фрезерования. Автореферат дисс. ...канд. техн. наук./ ИУУ СО РАН. – Кемерово. – 2005. – 19 с.

□ Авторы статьи:

Герике  
Борис Людвигович  
- докт. техн. наук, проф.,  
главный научный сотрудник  
Института угля и углехимии  
СО РАН

Герике  
Павел Борисович  
-канд. техн. наук, младший  
научный сотрудник  
Института угля и углехи-  
мии СО РАН

**УДК 622.271.4**

**И.А. Паначев, М.Ю. Насонов, К.В.Антонов**

## ОБ УЧЕТЕ ВЛИЯНИЯ ВЗРЫВНОЙ ПОДГОТОВКИ НА УПРУГИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ОЦЕНКЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ДРАГЛАЙНОВ

Участившиеся в последние годы аварии различных конструкций указывают на необходимость разработки и совершенствования методик оценки их долговечности.

Эти задачи актуальны и для угольных разрезов. К числу конструкций, эксплуатируемых на угольных разрезах и наиболее подверженных повреждениям, относятся металлоконструкции драглайнов. Наиболее распространенным видом повреждений в них являются трещины.

Методы решения задач, связанных с расчетами долговечности металлических конструкций с трещинами, к настоящему времени получили достаточное

теоретическое и экспериментальное обоснование для их практического использования. Известные зависимости механики разрушения позволяют рассчитать время подрастания трещин до момента достижения ими критического размера. Однако их использование предполагает наличие данных о режиме нагружения конструкции. Для расчета кинетики роста трещин в металлических конструкциях шагающих экскаваторов с помощью методов механики разрушения необходимы данные об амплитуде и частоте возникновения размахов напряжений и внутренних усилий, действующих в зонах трещино-

образования. Режим нагружения металлоконструкций экскаватора определяется воздействием разрабатываемой среды на его ковш. В этой связи требуется описать процесс взаимодействия ковша экскаватора со взорванной горной массой, а именно получить распределения размахов усилия черпания. Это в свою очередь вызывает необходимость изучить поведение взорванной горной массы под нагрузкой.

Согласно выполненным исследованиям наибольшее влияние на поведение взорванной горной массы в процессе ее нагружения, в частности посредством ковша драглайна оказы-