



Установка для исследования процесса резания угля в режимах с постоянной скоростью резания и с постоянным силовым воздействием

И.Д. Ключник

аспирант Санкт-Петербургского горного университета; Санкт-Петербург

e-mail: ivanklushnik@mail.ru

В.А. Ярмоленко

аспирант Санкт-Петербургского горного университета; Санкт-Петербург

Аннотация. При подземной добыче угля в очистных забоях в основном используются механизированные струговые комплексы и очистные комбайны. До сих пор одними из главных вопросов, возникающих при добыче угля этими горными машинами, является задача увеличения производительности очистных комплексов, а также проблема минимизации затрат на добычу (снижение энергоемкости).

Увеличение производительности комбайнов достигается не только за счет повышения энерговооруженности рабочих механизмов и конструктивных решений по исполнительным органам, но и путем оптимизации режима работы выемочной машины, в условиях переменной прочности разрушаемого массива.

В виду сложности и многофакторности зависимости процесса резания от структуры и прочностных свойств массива, от режима резания и параметров резца, а также неравномерного распределения усилий на резце используется экспериментальный метод исследования резания угля. Исследование резания на полноразмерном стенде дает возможность понимать, как распределяются нагрузки в системе резец-порода в реальном времени, что также позволяет оптимизировать режим работы, с учетом изменяющейся прочности породы.

Ключевые слова: резец, процесс резания, выемочная машина, очистной комбайн, режим работы.

Закономерности в формировании нагрузок на резцах исполнительного органа очистного комбайна изучались еще во второй половине XX в. такими учеными, как Докукин А.В., Красников Ю.Д., Хургин З.Я. На эту тему было написано несколько монографий, в которых динамика горных выемочных машин в рабочем режиме рассмотрена с точки зрения метода статической динамики и метода случайных функций.

Случайный характер формирования сил сопротивления горных пород разрушению исполнительными органами выемочных машин, неоднородность разрушаемой среды, наличие твердых включений и трещин вызывают необходимость подхода к изучению нагрузок в разных элементах привода на основе метода корреляционного анализа [1].

Силу, действующую на резцовый инструмент горной машины, можно представить в общем виде следующей функцией от пути резания s :

$$P(s) = m(x) + X(x), \quad (1)$$

где $X(x)$ – высокочастотная случайная реализация силы резания с математическим ожиданием, равным нулю; $m(x)$ – математическое ожидание силы резания; приблизительно можно считать, что оно совпадает со средним арифметическим ее значением.

Значение $X(x)$ в каждой данной точке пути резца является случайной величиной. Случайный характер изменения $X(x)$ связан с неоднородностью строения и механических свойств горных пород.

Среднее значение силы резания $m(x)$ изменяется при движении резца и зависит от большого числа неслучайных и случайных факторов, в первую очередь от сопротивляемости горной породы отделению, геометрии резцового инструмента, степени его износа, глубины резания и др.; $m(x)$ изменяется значительно медленнее, чем $X(x)$ [2].

Нужно отметить, что данный метод учитывает только средние значения внешних нагрузок на резцы исполнительного органа, пиковые значения не учитываются. При этом для горных машин, оборудованных, например, асинхронным двигателем, наиболее удобно определять нагрузки в двигателе, а не непосредственно с нагруженных частей машины, так как для этого не требуется специальная тензооснастка, тензокабели, а мощность может быть записана непосредственно с клемм пускателя. Определить нагрузки на исполнительном органе также затруднительно, так как невозможно одновременно тензометрировать нагрузки на всех резцах, кулаках, скальвателях и других элементах.

Однако с развитием систем автоматического управления и расширением использования в горной промышленности более точных датчиков про-

блема определения нагрузок, воздействующих непосредственно на исполнительный орган, может быть решена. Для этого нужно разрабатывать системы измерительных резцов, способных работать в условиях очистного забоя, которые будут встраиваться в исполнительный орган машины.

На полноразмерных стендах используются экспериментальные методы исследования процесса резания с учетом многофакторности и случайности формирования элементарных сколов. В Санкт-Петербургском горном университете установлено несколько испытательных стендов.

1. Стенд для исследования формирования области напряжений в прирезцовой зоне при резании квазиизотропного прозрачного материала.

2. Стенд для исследования влияния запаса потенциальной энергии в приводе резца на параметры фаз элементарного скола в процессе резания угля.

3. Стенд для исследования процесса резания калийных руд и кембрийских глин одиночным резцом горных машин.

На этом стенде можно будет проводить широкий спектр исследований с использованием разных типов резцов. Предстоит решить задачу наладки стенда для изучения процесса резания пород одиночным резцом.

Испытательный стенд для резания пород одиночным резцом

В настоящее время в Горном университете ведется наладка экспериментального стенда (рис. 1) для исследования процесса резания породы одиночным резцом.

Стенд состоит из следующих структурных элементов: механизм резания 2, представляющий собой гидроцилиндр с резцовой головкой 1; механизм 3 для перемещения стола 7, на котором устанавливаются породные блоки; насосная станция 4; пульт управления 5; блок регистрации и обработки измеряемых параметров; дисплей;

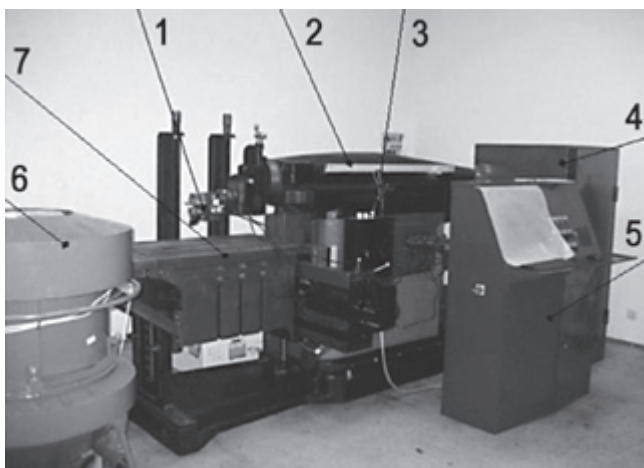


Рис. 1. Испытательный стенд для резания пород одиночным резцом

компьютер; установка для сбора разрушенной массы 6 [3].

В резцедержателе встроены датчики, регистрирующие силы на резце по трем координатам.

В будущем установка будет совершенствоваться. Предполагается исследовать резание породы, рассматривая его как термомеханический процесс. Для этого стенд будет оборудован термодатчиком с целью определения температуры резца и следа среза в процессе резания угля или других пород. Также существует возможность проведения исследования процесса формирования элементарных сколов при разрушении массива в режиме с постоянной скоростью резания и в режиме с постоянным силовым воздействием, благодаря пневмогидроаккумуляторам, встроенным в систему гидропривода.

Контрольно-измерительная система стенда

Механизм процесса разрушения горной породы резанием, а также его силовые и энергетические показатели зависят от физико-механических свойств горных пород, условий проведения реза, параметров геометрической формы резца и параметров разрушения.

На переднюю, заднюю и боковые грани резца передается давление разрушаемого массива угля или породы. Количественный и качественный характер изменения сил, действующих на резец, представляет большой научный и практический интерес. При этом в первую очередь нас интересуют формирующиеся на резце усилия резания Z и усилия подачи (осевое усилие) Y (рис. 2), которые, главным образом, определяют внешние нагрузки на исполнительном органе машины, а следовательно, и выбор мощности приводов исполнительного органа и механизма подачи машины [2].

На испытательном стенде установлен эталонный измерительный резец. Усилия, возникающие в резце при резании, измеряются по трем осям при помощи системы тензодатчиков. Для фиксации усилий в каждой из осей X , Y и Z используется индивидуальный датчик (рис. 3). Сигналы с тензодатчиков приходят на весоизмерительные преобразователи, после чего они обрабатываются и преобразуются в показания усилий.

Наибольший предел взвешивания (НПВ) используемых в стенде тензодатчиков составляет 3 т. Для правильной юстировки весоизмерительных преобразователей используется эталонный груз с весом, равным или меньшим (но не менее 75%) НПВ тензодатчика.

Для проведения юстировки весоизмерительных преобразователей нами предложен метод, в котором к резцу был закреплен специальный динамометр (свой по каждой оси резания), а нужное усилие создавалось приводом стенда. Данный метод позволил провести точную настройку преобразователей.

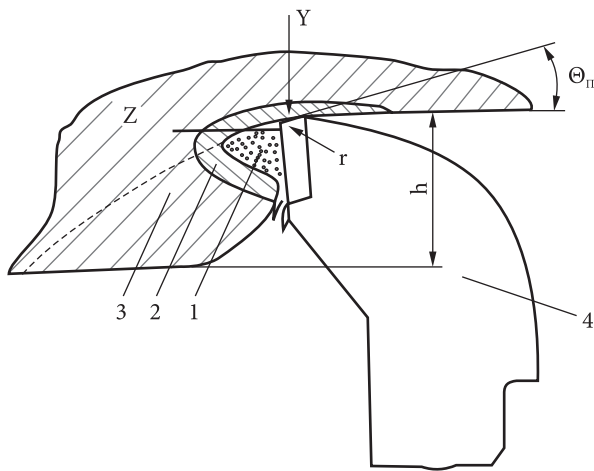


Рис. 2. Схема взаимодействия резца с массивом: 1 – уплотненное ядро; 2 – зона смятия; 3 – зона упругого деформирования; 4 – резец; Y – сила подачи; Z – сила резания

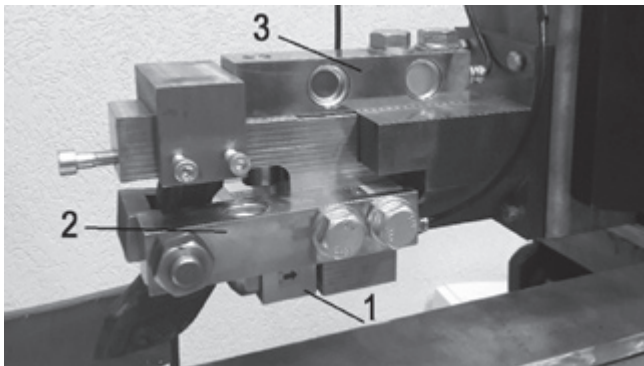


Рис. 3. Система тензодатчиков: 1 – датчик измерения усилия по оси Z ; 2 – датчик измерения усилия по оси X ; 3 – датчик измерения усилия по оси Y

Данный стенд обеспечит:

- более углубленное, дифференцированное исследование процесса резания на уровне формирования фаз последовательных элементарных сколов;
- исследование взаимосвязи силовых и энергетических параметров фаз элементарных сколов, температуры следа среза и выделяемого тепла в зонах зачистки, дробления и измельчения.

Также стенд позволит выработать методику регулирования режима работы, исходя из фактических нагрузок, действующих на резец в каждый момент времени.

Литература

1. Докукин А.В., Красников Ю.Д., Хургин З.Я., Шмарьян Е.М. Корреляционный анализ нагрузок выемочных машин / М.: Наука. – 1969. С. 5.
2. Солод В.И., Зайков В.И., Первов К.М. Горные машины и автоматизированные комплексы: Учебн. для вузов. – М.: Недра. – 1981. С. 22.
3. Габов В.В., Задков Д.А., Лыков Ю.В., Кустриков Э.В. Стенды для исследования процесса

резания угля и калийной соли одиночным резцом горных машин. / Горный информационно-аналитический бюллетень 2015. – С. 128–134.

4. Позин Е.З. Разрушение углей выемочными машинами. – М.: Недра. – 1984.

Installation for Research of Coal Cutting Process in Regimes with Constant Cutting Speed and with Constant Power Exposure

I.D. Klushnik, graduate student of the St. Petersburg Mining University; St. Petersburg

e-mail: ivanklushnik@mail.ru

V.A. Iarmolenko, graduate student of the St. Petersburg Mining University; St. Petersburg

Summary. At underground coal mining in clearing faces mechanized plowing complexes and cleaning combines are generally used. Still one of the main issues arising at coal mining by these mining machines is the problem of increase in productivity of clearing complexes and also a problem of minimization of costs of production (decrease in power consumption).

Increase in productivity of combines is reached not only due to increase in installed power per employee of working mechanisms and constructive decisions on executive bodies, but also by optimization of an operating mode of the extraction machine, in the conditions of the variable durability of the destroyed massif.

The experimental method of researching coal cutting is used because of cutting process complexity and its multiple factor dependence from rock structure, its strength properties, cutting pick, cutting mode and uneven force distribution on cutting pick. The study of cutting on a full-sized bench makes it possible to understand how the loads in the cutter-rock system are distributed in real time, which also allows optimizing the operating mode, taking into account the changing strength of the rock.

In view of the complexity and multifactor dependence of the cutting process on the structure and strength properties of the array, on the cutting regime and the parameters of the cutter, as well as the uneven distribution of forces on the tool, an experimental method for studying coal cutting is used. The study of cutting on a full-sized bench makes it possible to understand how the loads in the cutter-rock system are distributed in real time, which also allows optimizing the operating mode, taking into account the changing strength of the rock.

Keywords: cutter; cutting process; extraction car; clearing combine; operating mode.

References:

1. Dokukin A.V., Krasnikov, Y.D., Khurgin Z.Ya., Marian E.M. Correlation analysis of loadings extraction machines. Publishing house «Science». 1969. p. 5.
2. Solod V.I., Zaykov V.I., Pervov K.M. Mining machines and automated systems: Textbook for universities. Nedra. Moscow, 1981, 503 p., p. 22.
3. Gabov V.V., Zadkov D.A., Lykov Yu.V., Kostikov E.V. Stands for the study of the process of cutting coal and potassium salt by single cutter mining machines. Mountain information and analytical Bulletin. 2015. pp. 128–134.
4. Pozin E.Z. Destruction of coals by excavating machines. Nedra. Moscow, 1984.