

ГОРНЫЕ МАШИНЫ И КОМПЛЕКСЫ

УДК.622.23.054.54

А.Н. Коршунов, В.В. Кузнецов

ОСНОВНЫЕ ПУТИ И МЕТОДЫ УСТАНОВЛЕНИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ С МАССИВОМ

Основной целью исследования закономерностей взаимодействия рабочих органов с массивом на современном этапе является установление силовых и энергетических характеристик взаимодействия и определение на их основе рациональных параметров самого рабочего органа и его привода. При этом базой этих исследований являются основные закономерности процесса разрушения массива отдельным рабочим инструментом, т.е. суть вопроса сводится к изучению процесса разрушения.

В настоящее время достаточно глубоко разобран механизм разрушения горных пород, и особенно угля, резцами выемочных машин, созданы надежные в широком диапазоне изменения параметров статистические модели для определения нагрузок на резцах. Так что при создании новых типов резцов достаточно проведение небольших экспериментальных исследований для уточнения влияния каких-то новых или исследованных в недостаточном диапазоне параметров, чтобы получить уточненные модели для определения силовых и энергетических характеристик вновь разрабатываемых конструкций режущего инструмента.

При создании же принципиально новой конструкции рабочего инструмента для того, чтобы сократить большие по объему и длительности экспериментальные исследования, целесообразно проведение аналитических исследований с разработкой математических моделей, позволяющих усовершенство-

вать методы исследования нагрузок, сократить число экспериментальных измерений и процесс обработки данных, расширить возможность приложения их к расчету конкретных конструкций.

Существует два подхода к построению математических моделей:

- по принципу черного ящика - простейший тип моделей, который предлагает отсутствие каких бы то ни было априорных знаний о характеристиках системы;

- с заданной внутренней структурой - более сложный тип моделей, учитывающих структурные внутренние параметры.

Одно из принципиальных ограничений на эмпирические модели заключается в том, что они не могут быть с какой-либо степенью достоверности распространены на другие подобные системы или на данные за пределами диапазона, использованного при построении этих моделей. Кроме того, в данных моделях остается неясен механизм происходящего явления. Общая тенденция такова, что модели становятся все более фундаментальными и менее эмпирическими по мере углубления знаний об изучаемом явлении.

Один из видов построения моделей по определению усилий на шарошках с элементами внутренней структуры был описан Крапивиним М.Г. Здесь усилия на инструменте определялись в виде функциональных зависимостей от геометрических входных параметров ша-

рошки, хотя сам механизм разрушения с влияющими на него режимными параметрами и прочностными характеристиками горных пород оставался черным ящиком.

Явление разрушения настолько сложное и многофакторное, что описать его статистическими теориями в настоящее время не представляется возможным. Тем более, что сведения о структурных дефектах и законах их взаимодействия в физике все еще недостаточно полны и не во всем достоверны. Поэтому к описанию механизма разрушения необходимо подходить с использованием феноменологических моделей.

Отсюда следует, что исследование механизма разрушения и определение усилий, действующих на дисковую шарошку, возможно только с использованием моделей, построенных с заданной внутренней структурой.

В настоящее время при построении моделей ни чисто теоретические (дедуктивные), ни чисто экспериментальные (индуктивные) методы себя не оправдали. Это нашло свое отражение в ряде работ как при построении простых моделей, так и при построении сложных систем. Поэтому оптимальной процедурой построения модели, определяющей усилия на дисковой шарошке при разрушении ею горных пород, является одновременное применение теоретических и экспериментальных подходов с использованием итеративного процесса, представленного на рисунке.

Этот процесс справедлив как при исследовании механизма разрушения, так и при определении нагруженности инструмента. Накопленный экспериментальный материал по описанию процесса разрушения горных пород показывает, что различные виды резов накладывают свои особенности как на процесс разрушения, так и на силовые параметры инструмента.

В настоящей работе каждый вид резов рассматривался как устойчивое состояние системы: «инструмент - разрушаемый массив» с целью установления закономерностей функционирования системы от входных параметров.

На основании изложенного, для выделения и описания входных параметров была рассмотрена схема моделирования нагрузок на дисковую шарошку в виде следующего отображения:

$$F : Cx(Z \cap S \cap V) \rightarrow \vec{P}, \quad (1)$$

где C - множество постановок решаемых задач; S - совокупность базисных характеристик материала; V - множество элементов гиперповерхности разрушаемого материала; Z - множество элементов характеристик дисковой шарошки; \vec{P} - вектор нагрузок на дисковой шарошке.

На основе данного отображения возможно построение различных модельных представлений нагрузок на дисковой шарошке от входных параметров.

В общем виде любая математическая модель является системой, разрешение которой связано либо с уменьшением ее размерности, либо с разбиением ее на блочно - иерархические уровни.

Поэтому система, моделирующая нагрузки на дисковой шарошке, разбивалась на два блока моделей \vec{X}, \vec{Y} , которые также являются моделями, но с более низким иерархическим

уровнем. Нагрузки на инструменте описывались следующим образом

$$\vec{P} = \vec{P}(\vec{X}, \vec{Y}), \quad (2)$$

где $\vec{X}(X_1, \dots, X_n)$ - модели, описывающие связи нагрузок на дисковой шарошке с геометрическими характеристиками инструмента и контактными силовыми воздействием под лезвием инструмента; $\vec{Y}(Y_1, \dots, Y_n)$ - модели, описывающие механизм разрушения материала от контактного силового воздействия под лезвием инструмента с учетом физико-механических свойств горных пород, геометрических параметров инструмента и режимных параметров.

Входная информация в моделях \vec{X}, \vec{Y} , согласно (1), разбивалась на детерминированный стационарный вектор и вектор стохастических величин.

К детерминированным величинам относились величины точно определенные:

геометрические характеристики инструмента $Z(\vec{Z})$:

$Z_1 = D$ - диаметр дисковой шарошки, м; $Z_2 = \varphi$ - угол заострения шарошки, рад.; $Z_3 = \rho$ - радиус закругления лезвия дисковой шарошки, м; *гиперповерхность разрушаемого массива, V :*

$V_1 = h$ - глубина внедрения инструмента в массив, м; $V_2 = t$ - шаг разрушения (расстояние между соседними линиями резания), м; V_3 - элемент, характеризующий гладкость поверхности, параллельной вектору скорости \vec{V}_p движения дисковой шарошки.

К стохастическим величинам относятся физико-механические свойства разрушаемого массива.

В физике горных пород и горно-геологическом поведении установлено, что между отдельными физическими характеристиками существует взаимосвязь.

На основании этого был введен базис физических характеристик горного массива, так как из множества физических параметров всегда можно вы-



Алгоритм построения модели усилий, действующих на дисковую шарошку

брать такую совокупность $A \subset B$, что все остальные характеристики $E=(B/A)$ будут произвольными от базиса A , то есть

$$E_i = \varphi_{ij}(\bar{q}, \bar{a}_i),$$

$$a_i \in A, E_i \in E.$$

Поэтому основными стохастическими базисными физико-механическими характеристиками горного массива S были выбраны: $\sigma_{сж}$ - предел прочности на одноосное сжатие, МПа; σ_p - предел прочности на одноосное растяжение, МПа; E - модуль Юнга, Н/м²; ν - коэффициент Пуассона, применение которых позволяет с единых позиций использовать их как в теоретических моделях, так и в экспериментальных исследованиях.

Для исследования механизма разрушения горных пород дисковыми шарошками от различных геометрических и режимных параметров применялся метод поискового моделирования на ЭВМ, состоящий из цепочки математических экспериментов.

Теоретические модели взаимодействия инструмента с массивом строились с использованием математической теории упругости, что позволяло исследовать напряженно-деформированное состояние массива под лезвием дисковой шарошки.

При построении моделей были сделаны следующие допущения.

Считалось, что горный массив является однородным, изотропным и ведет себя как упругое тело. Реальные среды дейст-

вительно ведут себя как упругие тела - сопротивляются изменению объема и формы. Многие кристаллы среды обладают анизотропными свойствами, тем не менее тело, состоящее из групп кристаллов или хаотически расположенных анизотропных объектов, можно считать изотропным с хорошим приближением. На основе экспериментальных исследований было подтверждено, что горные породы в объеме, значительно превышающем объем слагающих их минералов, можно рассматривать как квазиизотропные. Горные породы нельзя считать полностью однородными. Однако дефекты, имеющие достаточно малые размеры по сравнению с размерами рассматриваемого тела, в силу статистических законов, создают картину квазиоднородного материала. При этом идеализация среды относительно ее однородности, сплошности и изотропности не приводит к заметным ошибкам в соответствующих расчетах.

Неупругое поведение горных пород под действием механических нагрузок характеризуется коэффициентом хрупкости $\chi = \sigma_p / \sigma_{сж}$. При $\chi > 0,2$ горные породы относятся к пластичным, а при $\chi < 0,2$ - к хрупким.

Песчаники и угли представляют собой весьма хрупкие породы.

По данным исследований ИГД им. А.А.Скочинского, института Геотехнической механики АН Украины отношение предела прочности на растяжение к пределу прочности на сжатие для песчаников равно 0,0625 - 0,07, а для углей в зависимости от степени трещинова-

тости - 0,0714 - 0,0125. Такие материалы подвергаются хрупкому разрушению без скольких-нибудь заметных пластических деформаций и ползучести.

Твердые включения в условиях рудников НГМК характеризуются показателями хрупкости $\chi = 0,0625 - 0,08$, а породные прослойки и твердые включения на шахтах Кузбасса - 0,01 - 0,13.

Известно, что горные породы в зависимости от существования свободных обнаженных поверхностей проявляют себя как хрупкие материалы и как квазипластические.

Квазипластические деформации возникают в горных породах только в условиях всестороннего, неравнокомпонентного сжатия.

Породы ведут себя как хрупкий материал и разрушаются хрупко при существовании свободных обнаженных поверхностей. Характерным для хрупких пород является критический «порог разрушения», после образования которого следует лавинообразование макротрещин на свободную поверхность. Поэтому в основу расчетов была положена модель хрупкого тела.

Таким образом, построение моделей для расчета усилий, действующих на дисковую шарошку, на основе механизма разрушения возможно только с использованием моделей с заданной внутренней структурой, включающих в себя результаты как теоретических, так и экспериментальных методов исследования.

□ Авторы статьи:

Коршунов
Анатолий Николаевич
- докт. техн. наук, проф. каф. горных
машин и комплексов

Кузнецов
Владимир Всеволодович
- канд. техн. наук, доц. каф. горных
машин и комплексов