

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ПРИ СОЗДАНИИ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ПОРОДОРАЗРУШАЮЩИХ МАШИН ДЛЯ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ДОНБАССА

В.Г. Гуляев, В.П. Кондрахин, В.А. Тарасенко, А.И. Хиценко  
ДНТУ

*Запропоновані загальні науково-методичні принципи моделювання й оптимізації породоруйнуючих машин. Наведені приклади використання цих принципів при моделюванні робочого процесу й оптимізації параметрів дробильних машин і прохідницьких комбайнів.*

Донецкая область располагает крупнейшими машиностроительными базами по производству горного оборудования, в том числе такими известными на мировом рынке производителями как Новокраматорский, Горловский, Ясиноватский машиностроительные заводы. Значительную часть продукции этих заводов составляют породоразрушающие машины (ПРМ), предназначенные для механического разрушения горных пород и полезных ископаемых и включающие широкий спектр выемочных и дробильных машин. Они находят широкое применение в горной промышленности, металлургии, энергетике, производстве строительных материалов, причем значительная часть отечественных предприятий, использующих ПРМ, сосредоточена в Донбассе.

Таким образом, повышение конкурентоспособности и технического уровня породоразрушающих машин является чрезвычайно актуальной и важной задачей для Донецкого региона. Как свидетельствует опыт передовых отраслей машиностроения, одним из путей решения этой задачи является широкое внедрение методов математического моделирования рабочих процессов и оптимизации структуры и параметров на всех этапах создания новой техники от проектирования до доводки серийно-выпускаемых машин.

С точки зрения системного подхода [1] ПРМ является составным элементом системотехнического комплекса, в состав которого кроме собственно машины входят объект разрушения (ОР), сеть энергоснабжения, опорная база, смежные машины, человек-оператор и система технического обслуживания и ремонта. В соответствии с принципом иерархичности собственно машина состоит из взаимодейст-

вующих между собой подсистем более низкого иерархического уровня: подсистемы исполнительных органов (ИО), подсистемы привода ИО, подсистемы подвески и перемещения ИО, подсистемы удаления продукта, подсистемы опирания и перемещения машины и подсистемы управления.

Наиболее эффективным методом математического моделирования рабочего процесса ПРМ является экспериментально-аналитический метод, предусматривающий параметрическую идентификацию разработанной модели по результатам экспериментальных исследований на стадии оценки ее адекватности.

Математическая модель системы “ПРМ – ОР” содержит три взаимосвязанные составные части: стохастическую модель объекта разрушения (горного массива или потока питания дробилки), стохастическую модель процесса разрушения и модель динамики машины. Основой для моделирования процесса разрушения является его представление в виде потока случайных событий, каждое из которых соответствует единичному акту нагружения куска породы или некоторого объема горного массива. При выполнении определенных условий единичный акт нагружения завершается хрупким разрушением куска породы или отделением элемента от массива и его дезинтеграцией.

Усилия, возникающие при взаимодействии ИО ПРМ с ОР в каждом единичном акте нагружения, предлагается моделировать в виде импульсов треугольной формы со случайными параметрами, характеризующими крутизну переднего фронта и максимальное значение силы в момент хрупкого разрушения.

Повышение технического уровня ПРМ может быть достигнуто за счет использования при их проектировании предложенного метода многокритериальной оптимизации, в котором в качестве функций цели используются статистические характеристики динамических процессов в установившихся режимах и максимальные нагрузки в режиме стопорения исполнительных органов недробимым предметом, причем функции цели и интегральный критерий представлены в виде функций принадлежности “размытым” множествам наилучших значений.

Указанные основные принципы применимы для машин, разрушающих горные породы способами резания, раздавливания и раскалывания при сравнительно малых скоростях взаимодействия рабочих органов с объектом разрушения (до 3 м/с). На их основе в ДонНТУ разработаны и реализованы в виде программных продуктов имитационные математические модели процессов функционирования двухвалковых зубчатых [2] и одновалковых гирационных [3] дробилок,

очистных и проходческих комбайнов. С использованием этих моделей, в частности, поставлены и решены задачи структурно параметрической оптимизации дробилок типа ДДЗ и проходческих комбайнов КСП-32 конструкции Ясиноватского машиностроительного завода, шахтной дробилки ДВ конструкции Донгипроуглемаша.

Двухвалковые зубчатые дробилки типа ДДЗ широко используются на обогатительных фабриках и коксохимических заводах Донбасса. В настоящее время парк этих машин сильно изношен и нуждается в замене. В ближайшем будущем по прогнозам специалистов следует ожидать резкого повышения спроса на указанную продукцию, который будет сопровождаться повышением требований к качеству и техническому уровню машин.

За счет использованием разработанных методик, программных продуктов и технических решений можно существенно повысить технический уровень дробилок типа ДДЗ, а именно:

- повысить эффективность и долговечность предохранительных устройств от перегрузок, обеспечить снижение амплитуд нагрузок примерно в 2 раза, а частоты нагружения - примерно на порядок [4];
- обеспечить оптимальную адаптацию дробилок к заданным условиям заказчика и прогнозировать с теоретико-вероятностных позиций максимально достижимую производительность машины в заданных условиях [5].

Для Донбасса чрезвычайно важной с экологической точки зрения является задача сокращения количества породы, выдаваемой на поверхность из шахт. Эту задачу можно решить за счет закладки породы в выработанное пространство, что требует создания и совершенствования шахтных дробилок для дробления крепких пород. Разработанная Донгипроуглемашем при участии ДонНТУ гирационная шахтная дробилка ДВ позволяет успешно решать задачу подготовки крепкой породы (крепостью до 18 ед. по шкале проф. М.М. Протодяконова) для пневмотранспортирования и закладки.

При ее создании и совершенствовании методами имитационного моделирования и структурно-параметрической оптимизации достигнуто существенное (в 1,7 раза) снижение коэффициента вариации динамических нагрузок за счет:

- выбора рациональной структуры привода (наличие и отсутствие маховика и упругой муфты, количества и расположения предохранительных устройств);
- рационального профилирования рабочей камеры;

- оптимизации частоты вращения, эксцентриситета валка, а также параметров предохранительных элементов.

Результаты исследований могут быть использованы при создании одновалковых дробилок для работы, как в условиях шахты, так и общепромышленного применения, а также при математическом моделировании рабочего процесса конусных и щековых дробилок.

Благодаря простоте и высокой надежности исполнительных органов проходческие комбайны ЯМЗ с продольно осевыми коронками находят широкое применение в угольной промышленности. Для их совершенствования по-прежнему актуальной является задача проектирования схемы набора инструмента, особенно для разрушения крепких пород. Эта задача может быть решена только на базе компьютерных технологий с использованием методов математического моделирования и оптимизации.

Для ее решения предложен метод имитационного моделирования нагрузок на резцах горных комбайнов и на его основе разработаны оптимальные схемы размещения резцов на продольно осевых коронках. При этом достигнуто существенное (в 2 и более раза) снижение коэффициента вариации нагрузок на исполнительном органе.

Разработанные методы и программное обеспечение составляют основу САПР породоразрушающих машин. Они позволяют уже в ближайшее время перейти к проектированию ПРМ, максимально приспособленных к работе в условиях конкретного забоя (горные комбайны) или специфическим условиям питания горной массой (дробильные машины).

## Литература

1. Кондрахин В.П. Системный подход к моделированию рабочих процессов породоразрушающих машин // Известия Донецкого горного института. – 1998. – № 2 (8). – С. 73-77.
2. Кондрахин В.П. Использование вычислительных экспериментов при проектировании двухвалковой зубчатой дробилки // Известия вузов. Горный журнал. – 1999. – № 3-4. – С. 31-38.
3. Гуляев В.Г., Кондрахин В.П., Тарасенко В.А. Методика структурно-параметрической оптимизации одновалковой шахтной дробилки для крепких пород // Наукові праці Донецького державного технічного університету. – вип.27. – серія: гірничо-енергомеханічна. – Донецьк, 2001. – С.155-159.
4. Декларационный патент №34616А. Предохранительное устройство дробилки.- Кондрахин В.П., Трубочанин В.И., Трубочанин В.В.-2001г.
5. Кондрахин В.П., Антипов В.Т., Трубочанин В.В. Оптимальная адаптация двухвалковой зубчатой дробилки к заданным условиям // Уголь Украины. – 1998. – № 11 – С. 44-46.