УДК 622.23.05

Г.В. Секисов, И.В. Костромина

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ ДОБЫЧНЫХ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ ТЕХНОЛОГИЯХ ОСВОЕНИЯ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СКАЛЬНОГО И ПОЛУСКАЛЬНОГО ТИПА

Семинар № 19

Н ыне перспективы эффективного освоения разномасштабных рудных месторождений скального и полускального типов напрямую связаны с созданием и широким использованием прогрессивных технологий освоения, основу которых составляют мобильные добычные и перерабатывающие агрегаты, а в идеале – мобильные комплексы.

Особенно актуальна данная проблема для осуществления промышленного освоения небольших и мелких рудных месторождений и даже целого ряда рудопроявлений.

Такие минеральные объекты пока не отрабатываются и в большинстве своем предметно не оцениваются геологической службой. Обусловлено это тем, что они считаются нерентабельными из-за малых размеров и труднодоступности, поэтому работы на них обычно прекращаются на стадии поисково-оценочных мероприятий. Разработка их с применением традиционного стационарного минерально-подготовительного и обогатительного оборудования требует больших капитальных и эксплуатационных затрат. В связи с этим основной проблемой создания и введения в эксплуатацию нового оборудования мобильного типа, является, прежде всего, разработка нетрадиционной — мобильной минеральноподготовительной и обогатительной техники и технологии, которые наиболее полно были бы адекватны условиям малообъемного горнопромышленного производства.

В настоящее время разработкой передвижных обогатительных комплексов занимается ряд зарубежных фирм и отечественных организаций [1]. При этом работы ведутся как в области создания передвижных модульных обогатительных фабрик (с включением всего комплекса технологического оборудования), так и в направлении разработки небольших передвижных установок ограниченного спектра действия (отсадочные машины, концентрационные столы и т.п.).

Большое значение придается также созданию мобильных рудоподготовительных агрегатов и, в частности, - передвижных дробильных агрегатов, поскольку тонкая вкрапленность полезных компонентов в рудах многих месторождений скального и полускального типов предопределяет дробление руды до необходимой крупности. Дробление руды на месте добычи с помощью самоходных дробильных установок (СДУ) и непрерывная транспортировка дробленого ма-

териала конвейерами приводят к значительному сокращению затрат при основных производственных процессах.

В частности, фирма «Крупп» первой создала самоходные дробильные установки и обеспечила тем самым дробление руды непосредственно на месте добычи синхронно со скоростью движения горных работ [2, 3].

В зависимости от горно-технических условий, технологических задач типизация СДУ представлена в таблице.

При дроблении абразивных прочных пород СДУ оборудуют щековыми или конусными, а при дроблении малоабразивных пород - молотковыми или роторными дробилками. Для подачи исходной руды применяют, как правило, пластинчатые питатели. Предварительное грохочение горной массы в зависимости от ее физических свойств осуществляется валковыми, колосниковыми, вибрационными и другими типами грохотов и применяется только в тех случаях, когда возникает необходимость увеличения пропускной способности СДУ или когда полезное ископаемое не следует переизмельчать, а также, если экономичность предварительного грохочения подтверждается расчетом.

Совершенствование конструкции СДУ развивается в следующих основных направлениях:

- максимальное воздействие унифицированных узлов, механизмов и серийно изготовляемого оборудования;
- создания специальных видов оборудования для компоновки под-вижных агрегатов.

На современном этапе создаются инерционные, валково-конусные и другие типы дробильных агрегатов, которые наряду с высокой пропускной способностью и большими размерами приемного отверстия обладают меньшими

высотой и массой, более уравновешены динамически. Кроме этого разработаны грохоты-питатели с большой пропускной способностью при содержании в горной массе кусков породы крупностью до 1,3 м. На базе новых дробильных агрегатов и грохотов питателей конструируются мобильные дробильные агрегаты высокой маневренности, меньшей массы и высоты расположения приемного бункера, соответствующие требованиям цикличнопоточной технологии.

В частности в ИГД СО РАН совместно с ОАО «ПО «Усольмаш»» разработан новый подход к проектированию обогатительных установок [4]. Мобильные передвижные рудообогатительные установки (МПРОУ) представлены отдельными технологическими модулями, главными особенностями которых является высокий уровень мобильности и автономность работы. Создание проекта стало возможным благодаря разработке новых дробилок, измельчителей и аппаратов пневматической сепарации тонкоизмельченной руды. Предусматриваемое освоение выпуска рудообогатительного модуля МПРОУ предпринято ОАО «ПО «Усольмаш»».

В пионерном варианте данного модуля принята компоновка оборудования на одной транспортной единице (автомобиль «Камаз» с прицепом). В состав модуля входит грохот предварительного грохочения, роторная дробилка среднего дробления, дробилка комбинированного действия для мелкого дробления и грубого измельчения, центробежная мельница и пневмосепаратор с системой вывода чернового концентрата, являющегося исходным питанием для последующих технологических модулей МПРОУ и

## Типизация самоходных дробильных установок

Классификационный признак	Тип СДУ	Общее назначение СДУ	
а. Способ применения	I. Мобильные (с передвижением за выемочно-погрузочным агрегатом)	Для дробления взорванной горной массы непосредственно в зоне отрабатываемого забоя	
	II. Полустационарные	Для дробления взорванной	
	III. Стационарные	горной массы на перегру- зочных пунктах	
б. Вид технологической схемы цепи аппаратов	I. В открытом технологическом цик- ле	1. Для одностадийного дробления без предварительного грохочения 2. То же с предварительным грохочением	
	II. В замкнутом технологическом цикле	1. Для одностадийного дробления с предварительным грохочением	
		2. Для двух- и многостадий- ного дробления с предвари- тельным грохочением	
в. Способ загрузки	I. С экскаваторной загрузкой	С различными стадиями дробления и видами грохочения (и без него)	
	II. Со скиповой загрузкой		
	III. С загрузкой ковшовыми погрузчиками		
	IV. С автосамосвальной загрузкой		
г. Тип дробильного ап- парата	I. С роторными дробилками		
	II. С молотковыми дробилками	То же	
	III. С щековыми дробилками		
	IV. С конусными дробилками		
	V. Со специальными типами дроби-		
	лок		
д. Тип ходового устройства	І. Гусеничное		
	II. Пневмоколесное	СДУ с различными стадиями дробления и видами грохо-	
	III. Железнодорожное		
	IV. С комбинированным ходовым	чения	
a Tura auranana afany	устройством		
е. Тип силового оборудования	І. Электрическое		
дования	II. Дизель-электрическое III. Дизельное	То же	
	IV. Дизельное IV. Дизель-гидравлическое		
ж. Способ разгрузки	V. Электрогидравлическое  I. С разгрузкой на конвейер		
ж. Спосоо разгрузки	II. С разгрузкой на гидротранспорт	То же	
	III. С разгрузкой на автосамосвалы		
	IV. С разгрузкой на автосамосвалы  IV. С разгрузкой в думкары ж.д. транспорта		

отвода хвостовой фракции. Проведенные испытания нового оборудования подтвердили ожидаемую технологическую эффективность его работы.

Внедрение на рудных карьерах самоходных дробильных и обогатительных установок может обеспечить:

- применение экологически чистых технологий с конвейерным транспортом:
- существенное снижение энергопотребления и металлоемкости;
- высокий уровень автоматизации горного производства;
- увеличение в 1,5-2 раза производительности труда рабочих;

- снижение в 1,5-2,5 раза себестоимости продукции за счет снижения эксплуатационных и капитальных затрат.

Таким образом, перспективность применения самоходных дробильных и обогатительных установок непосредственно в внутрикарьерном пространстве, подтверждаемая положительными результатами предваритель-ных испытаний аппаратов МПРОУ, практическая возможность успешного использования нового класса установок для освоения рудных месторождений, предопределяют целесообразность и необходимость создания новых обогатительных систем эффективно интегрированных в общий комплекс горно-промышленного производства.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. *Передвижные* обогатительные установки / Обзорная информация. Вып. 1., Ир-ГИРедмет Иркутск, 1992 г.
- 2. Иванов И.Ю. Классификация способов и средств разрушения негабаритов // Машины и оборудование для открытых и подземных горных работ. – УГГА, - 2004.
- 3. Лагунова Ю.А., Жиганов А.А., Жиганов П.А., Лазарев Е.А. Анализ компоновочных

схем отечественных и зарубежных самоходных дробильных установок // Горные машины и автоматика, N23, 2005.

4. *Матвеев А.И., Григорьев А.Н., Филиппов В.Е., Гладышев А.М.* Предварительные технологические испытания нового оборудования модульной рудообогатительной установки //Обогащение руд №5, 2003.

## Коротко об авторах

Cекисов Г.В. – профессор, доктор технических наук, ИГД ДВО РАН, г. Хабаровск, Костромина И.В. – кандидат технических наук, ЧитГУ, г. Чита.

УДК 621.34

А.А. Реутов, А.А. Мясников

МОДЕЛИРОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ»

Семинар № 19

программный комплекс «Универсальный механизм» (ПК УМ) предназначен для автоматизации моделирования и исследования механических объектов, которые могут быть представлены системой абсолютно твердых тел, связанных кинематическими и силовыми элементами.

В общем случае асинхронный электропривод (АП) состоит из асинхронного электродвигателя (АД), механической части и системы управления. Работа АП описывается системой дифференциальных и алгебраических уравнений [1], содержащей электрические и механические переменные. Искомым результатом моделирования являются крутящий момент и угловая скорость выходного вала АП.

Генерация уравнений, описывающих механическую часть АП, осуществляется в среде ПК УМ автоматически при введении характеристик твердых тел и их связей.

Ввод уравнений, описывающих электрическую часть АП (АД и систему управления), может быть осуществлен двумя способами: программиро-ванием уравнений в среде ПК УМ или программированием в среде Matlab/Simulink.

При первом способе программирование уравнений осуществляют в файле управления ПК УМ, автоматически генерируемом при синтезе урав-нений движения механической части. Для программирования используется алгоритмический язык Паскаль или Си и внутренние процедуры обработки сообщений программы, решения дифференциальных уравнений, вычисления сил общего типа. Сформированный файл управления, взаимодействуя с остальными компонентами ПК УМ, добавляет запрограммированные уравнения электрической части АП в общую систему уравнений модели.

При втором способе программирования уравнений используются возможности Matlab/Simulink, в частности, графическое представление дифференциальных операторов. Используя готовые блоки из библиотеки операторов пакета Simulink, уравнения электрической части АП представляют в виде структурной схемы.

Сгенерированные таким образом в пакете Simulink уравнения импортируют в ПК УМ с помощью мастера связи Matlab/Simulink и ПК УМ.

Оба способа аналогичны тем, что система уравнений электрической части

Таблица 1 *Параметры АП* 

Параметр	Значение
Тип АД	4А80А2У3
Номинальная мощность двигателя, Вт	1500
Коэффициент полезного действия	81
Коэффициент мощности	0,85
Взаимоиндуктивное сопротивление обмоток статора и ротора	2,5
Активное сопротивление рассеяния обмоток статора	0,084
Индуктивное сопротивление обмоток статора	0,051
Активное сопротивление рассеяния обмоток ротора, приведенное к обмот-	0,049
ке статора	
Индуктивное сопротивление обмоток ротора, приведенное к обмотке статора	0,081
Синхронная частота вращения ротора, об/мин.	3000
Отношение пускового момента к номинальному	2,1
Отношение критического момента к номинальному	2,6
Номинальное скольжение, %	4,2
Критическое скольжение, %	35,5
Момент инерции ротора, $\kappa \Gamma \cdot m^2$	0,0018
Момент инерции зубчатого колеса редуктора, кг·м²	0,05084
Момент инерции шестерни редуктора, кг·м $^2$	0,000346
Передаточное число редуктора	3,8

описывается отдельно (в пакете Simulink или файле управления ПК УМ), а затем используется для нужд модели АП в ПК УМ.

Отличие заключается в том, что первый способ требует достаточных знаний языков программирования (Pascal и C) и структуры ПК УМ. Второй способ значительно проще, так как при моделировании с использование Simulink реализуется принцип визуального программирования, в соответствии с которым пользователь на экране из стандартных блоков библиотеки Simulink создает модель электрической части.

Рассмотрим в качестве примера АП, состоящий из АД, соединенного с одноступенчатым редуктором. Параметры АП [2] приведены в табл. 1.

Модель АП, сформированная с использованием ПК УМ и Matlab/Simulink, имеет два входных сигнала: управляющее значение частоты напряжения электросети f и угловую скорость выходного вала редуктора w. Выходным сигналом является величина крутящего момента выходного вала редуктора М. В модели АП реализован закон управления U/f=const (U - напряжение электросети). Модель АП доступна в Интернете (<a href="http://www.umlab.ru/download/30/acdrive.zip">http://www.umlab.ru/download/30/acdrive.zip</a>).

Проведено моделирование пуска АП без нагрузки при четырех значениях частоты f и напряжения U питающей электросети для закона управления U/f=const. Полученные зависимости угловой скорости w от времени t приведены на рис. 1.

На рис. 2 приведена зависимость угловой скорости w от времени t при ступенчатом изменении частоты f и, соответственно, напряжения по закону U/f = const.

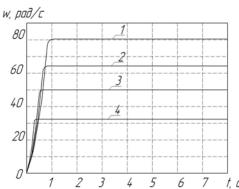


Рис. 1. Зависимость угловой скорости выходного вала редуктора w от времени t:1 - f=50  $\Gamma$ и, U=380 B; 2 - f=40  $\Gamma$ и, U=304 B; 3 - f=30  $\Gamma$ и, U=228 B; 4 - f=20  $\Gamma$ и, U=152 B)

Для оценки точности модели АП

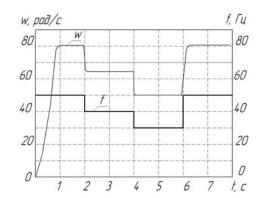


Рис. 2. Зависимость угловой скорости выходного вала редуктора w от времени t при ступенчатом изменении частоты f и напряжения

Таблица 2 Результаты оценки точности модели АП

№ эксперимента	Угловая скорость w (рад/сек)		Относительная ошиб-
	Численное модели- рование	Аналитические ре- зультаты [1]	ка, %
1	80,3	79,3	1,24
2	50,0	49,6	0,80

проведены два численных эксперимента.

Эксперимент 1. К выходному валу АП приложен постоянный момент сопротивления  $M_C = M_H i (M_H - номинальный моменту АД, <math>M_H = 5$  Нм, i - передаточное число редуктора).

Эксперимент 2. Пуск АП без на-

грузки ( ${
m M_C}=0$ ) при f = 30  ${
m \Gamma \mu}$  и U = =228  ${
m B}$ 

Сравнение результатов численного моделирования АП в ПК УМ и Matlab/Simulink с аналитическими результатами [1] приведено в табл. 2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

2. *Асинхронные* двигатели переменного тока серии 4А: Справочник / А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф. - М.: Энергоиздат, 1982. -504 с.

## Коротко об авторах

 $Pеутов \ Aлександр \ Aлексеевич -$  начальник учебно-методического управления, доктор технических наук, доцент,

*Мясников Александр Анатольевич* – аспирант кафедры «Подъемно-транспортные машины», Брянский государственный технический университет.

Ключев, В.И. Теория электропривода / В.И. Ключев - М.: Энергоатомиздат, 1998. – 704 с.