© Г.Л. Левковский, А.Д. Бардовский, 2006

УДК 531.8

Г.Л. Левковский, А.Д. Бардовский

СИСТЕМА МАШИННЫХ АГРЕГАТОВ С ГИБКИМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ ДЛЯ МАЛООТХОДНОЙ ДОБЫЧИ ПРИРОДНОГО КАМНЯ

Семинар № 19

Важнейшими показателями эффективности горнотехнической системы являются качество извлекаемого из недр полезного ископаемого и соответствие системы экологическим требованиям. Применительно к добыче природного облицовочного камня (при подготовке горной породы к выемке) используемое оборудование должно обеспечить решение двух главных задач: формирование и отделение от массива блоков и отделение от массива остальной (неблочной) горной массы.

Блок представляет собой отдельность, имеющую форму, близкую к прямоугольному параллелепипеду. При непосредственном отделении блоков от массива система добычи называется одностадийной. Распространены системы двухстадийной добычи, при которых от массива первоначально отделяется крупный монолит (также близкий по форме к прямоугольному параллелепипеду), разделяемый затем на блоки. Двухстадийная добыча обладает технологическими и экономическими преимуществами по сравнению с одностадийной.

Остающуюся после выемки блоков (монолитов) горную массу целесообразно разделить на части с учетом направления напластований, трещиноватости и проявлений неоднородности породы. Такой подход обеспечивает возможность для комплексного использования сырья.

Соответственно изложенному перспективны системы, не применяющие взрывное воздействие на массив, базирующиеся на использовании наиболее эффективных при добыче камня способов – механических.

Рассмотрим пример системы, отвечающей изложенным выше требованиям. Основные характеристики такой системы – системы машинных агрегатов с гибкими рабочими органами – приведены в табл. 1.

Первоначально рассмотрим вопросы терминологии.

Термин «машинные агрегаты» выбран как наиболее общий с позиций теории механизмов и машин, позволяющий терминологически объединить различные виды оборудования, входящие в рассматриваемую систему. В общем случае машинный агрегат имеет рабочий орган, исполнительный механизм, редуктор и двигатель. Современные сложные машинные агрегаты можно рассматривать как совокупность отдельных простых машин, т.е. таких, которые не могут быть расчленены на более мелкие самостоятельные машины.

Термин «гибкие рабочие органы» характеризует конструктивные преимущества входящего в систему оборудования

Таблица 1

Состав системы машинных агрегатов с гибкими рабочими органами

Наименование оборудования	**Выполняемые операции**	**Принципы выбора оборудования**
Рыхлительно-бульдозерные агрегаты (РБА)	Разработка вскрыши	По номограммам (параметры). По расчету (количество).
Гидроударные установки (ГУУ)	Разработка вскрыши, переработка отходов	То же
Алмазно-канатные пилы (АКП)	Разработка вскрыши, добыча монолитов, переработка отходов	-»-
Буровые станки (БС)	Разработка вскрыши, добыча монолитов	По расчету
Пневмоколесные фронтальные погрузчики (ПФП)	Выемка и перемещение блоков и отходов	То же

и технологические достоинства системы. Рассмотрим примеры достижения «гибкости» за счет использования деталей из гибких материалов, применения соответствующих конструкций кинематических цепей и осуществления быстрой смены деталей.

Рабочий орган АКП – стальной канат с нанизанными на него алмазными режущими элементами в виде втулок – позволяет учитывать особенности рельефа горного массива, охватывать значительные пространства и оперативно менять направление фронта работ.

Рабочие органы РБА, ГУУ, БС и ПФП соединяются с базовыми машинами системами шарнирных элементов, управляемых гидрофицированным приводом. Это обеспечивает рабочим органам возможность свободной ориентации в пространстве и возможность оперативного учета особенностей горного массива и извлеченных из него отдельностей породы.

Рабочий орган ГУУ снабжен относительно легко заменяемым исполнительным инструментом. «Гибкость» в данном случае условно характеризуется тем, что сменные инструменты обладают различной формой и соответственно обеспечивают различные виды разрушения камня, например, точечное (дробление) или линейное (направленный раскол).

Для оценки рассмотренной системы машинных агрегатов введем понятие о энергетической эффективности добычного оборудования, представляющее собой отношение мощности оборудования системы к условному выходу блоков из массива. Условный выход блоков базируется на понятии о приведенном объеме продукции.

Раскроем содержание введенных понятий.

Мощность добычного оборудования может быть представлена следующим образом:

$$N = N_{уст} K_э K_к \quad , \qquad (1)$$

где $N_{уст}$ - установочная мощность всего оборудования, используемого в карьере для добычи и первичной обработки камня; $K_э$ - коэффициент снижения потребной мощности за счет выбора рациональных эксплуатационных параметров оборудования ($K_э$<1); $K_к$ - коэффициент снижения потребной мощ-

Таблица 2

Характеристики вариантов функционирования системы машинных агрегатов

Варианты функционирования системы	Характеристики вариантов
Условный выход блоков из массива К = 0.	Продукция отсутствует ($V_{пр}$ = 0). Вариант является гипотетическим.
Условный выход блоков из массива К = 1.	Весь продуктивный массив перерабатывается на блоки ($V_{пр} = V_{бл} = V$). Вариант является гипотетическим.
Условный выход блоков из массива 0<К<1.	Вариант соответствует различным практическим случаям производства блоков и неблочной продукции (бутового камня, щебня и др.).
Вариант, соответствующий графической зависимости 1 (рис. 1).	Параметры оборудования и компоновочные схемы выбраны по известным данным ($К_э$=1, $К_к$=1).
Вариант, соответствующий графической зависимости 2 (рис. 1).	Выбраны рациональные параметры оборудования ($К_э$<1). Компоновочные схемы выбраны по известным данным ($К_к$=1).
Вариант, соответствующий графической зависимости 3 (рис. 1).	Выбраны рациональные параметры оборудования ($К_э$<1). Выбраны рациональные компоновочные схемы ($К_к$<1).

ности за счет выбора рациональных компоновочных схем оборудования ($K_к$<1).

Далее введем понятие о приведенном объеме продукции, который составит:

$$V_{пр} = V_{бл} + K_р \cdot V_р, \qquad (2)$$

где $V_{бл}$ - объем добытых блоков; $K_р$ - коэффициент снижения стоимости различной неблочной продукции по отношению к стоимости блоков ($K_р$<1); $V_р$ - объем различной полезной неблочной продукции.

Поясним, как получено выражение для $V_{пр}$.

Стоимость неблочной продукции составляет:

$$C_р = Ц_р \cdot V_р, \qquad (3)$$

где $Ц_р$ - цена единицы объема неблочной продукции.

Стоимость эквивалентного (равного по стоимости) условного дополнительного объема блоков $V_{бл(доп)}$ составит:

$$C_{бл(доп)} = Ц_{бл} \cdot V_{бл(доп)}, \qquad (4)$$

где $Ц_{бл}$ - цена единицы объема блочной продукции.

Из (3) и (4) следует:

$$Ц_р \cdot V_р = Ц_{бл} \cdot V_{бл(доп)}.$$

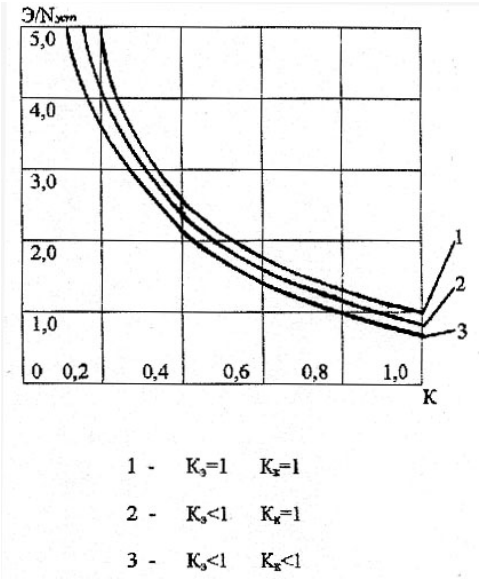
$$V_{бл(доп)} = \frac{Ц_р}{Ц_{бл}} \cdot V_р = K_р \cdot V_р. \qquad (5)$$

$$V_{пр} = V_{бл} + V_{бл(доп)} = V_{бл} + K_р \cdot V_р.$$

Таким образом, коэффициент $K_р$ позволяет привести объем всей продукции к приведенному объему продукции одного вида - блокам.

В итоге условный выход блоков составит:

$$K = \frac{V_{пр}}{V} = \frac{V_{бл} + K_р \cdot V_р}{V}, \qquad (6)$$



где V – объем продуктивного массива.

На основе формул (1) и (6) для показателя энергетической эффективности добычного оборудования примем выражение:

$$Э = \frac{N}{K} = \frac{N_{уст} \cdot K_э \cdot K_к \cdot V}{V_{бл} + K_р \cdot V_р}. \qquad (7)$$

На рисунке (в виде графических зависимостей в безразмерных координатах) и в табл. 2 приведены Различные варианты функционирования системы машинных агрегатов и характеристики этих вариантов.

Варианты функционирования системы машинных агрегатов

Графической зависимости 2 (рисунок) может соответствовать и вариант, по которому предусматривается выбор параметров оборудования по известным данным ($К_э$ = 1) и выбор рациональных компоновочных схем ($К_к$<1). Место расположения такой зависимости на рисунке будет определяться конкретными числовыми характеристиками данного варианта и их соотношением с характеристиками варианта, в котором $К_э$<1 и $К_к$ = 1.

В качестве примера повышения эффективности рассмотренной системы машинных агрегатов приведем вариант, связанный с использованием системы при разработке карьера мрамора с годовой производительностью 5000 м^3 блоков в год. Повышение эффективности достигается с помощью двух мероприятий. Во-первых, снижается количество используемых на добыче блоков АКП за счет повышения их эксплуатационных показателей и соответствующего роста производительности. Во-вторых, снижается мощность занятой на дроблении отходов (для последующего производства щебня) ГУУ за счет выбора рациональных параметров

Таблица 3

Характеристики варианта повышения эффективности системы машинных агрегатов

Наименование показателя	Един. измер.	Величина
Исходная установочная мощность	кВт	1000
Величина снижения мощности за счет повышения показателей АКП и ГУУ	%	10
Выход блоков из массива	-	0,25
Условный выход блоков из массива	-	0,33
Исходное число $Э/N_{уст}$	-	3,0
Число $Э/N_{уст}$ для усовершенствованного варианта	-	2,7

сменного породоразрушающего инструмента.

Показатели, характеризующие рассмотренный вариант, представлены в табл. 3.

При заметных показателях по попутной добыче блоков и полезной неблочной продукции из вскрыши объем используемого вскрышного массива соответствующим образом учитывается в величине V.

В описанном выше примере достигнуто снижение числа $Э/N_{уст}$. Это соответствует повышению эффективности системы машинных агрегатов с гибкими рабочими органами.

Предложенный показатель энергетической эффективности добычного оборудования может найти применение при выполнении проектных работ.

Коротко об авторах

Левковский Г.Л. – ФГУП «ВНИПИИстромсырье»),
Бардовский А.Д. – Московский государственный горный университет.

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	*Название работы*	*Специальность*	*Ученая степень*
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ			
НГУЕН НГОК ТУАН	Прогнозирование горного давления на тоннельную обделку метрополитена с учетом влияния изменчивости свойств нескальных грунтов	05.23.11	к.т.н.
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ им. Г.В. ПЛЕХАНОВА			
ГУРОВА Наталия Викторовна	Повышение эколого-экономической эффективности природоохранной деятельности горно-обогатительного производства ОАО «ММК»	08.00.05	к.э.н.