

УДК 622.015.002

А.А. Грабский

ТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ КАРЬЕРНОГО КОМБАЙНА

Выполнен обзор существующих на сегодняшний день карьерных комбайнов, рассчитана техническая производительность карьерных комбайнов с шнекофрезерным рабочим органом, смоделирована удельная техническая производительность карьерного комбайна в зависимости от высоты фрезеруемого слоя при различных значениях эффективного коэффициента трения породы о шнек.

Ключевые слова: карьерный комбайн, техническая производительность, шнекофрезерный рабочий орган.

Семинар № 22

При разработке месторождений полезных ископаемых, представленных скальными и полускальными породами, традиционным является буровзрывной способ подготовки пород к выемочно-погрузочным работам. Наряду с определенными преимуществами буровзрывные работы имеют ряд известных недостатков, которые усугубляются при необходимости производить послойную выемку. При этом ограниченные возможности раздельной выемки тонких породных слоев приводят к валовой отработке сложных в структурном отношении месторождений или отработке с невысокой глубиной селекции, сопровождающейся значительным повышением потерь и разбухиванием.

Создание и внедрение на открытых разработках нового поколения машин, обеспечивающих замену традиционной технологии с применением БВР при разработке скальных и полускальных пород на безвзрывную, является прогрессивным направлением в совершенствовании выемочно-погрузочных работ.

В конце 70-х, начале 80-х годов за рубежом заметно возрос интерес к оборудованию, позволяющему достичь высокой производительности и

поточности и базирующемуся на принципах безвзрывного разрушения массива пород, обеспечивающему технологические процессы отделения от массива, дробления и погрузки горной массы. В результате исследований и опытно-конструкторских работ, проведенных рядом машиностроительных фирм США, Германии и Австрии, были разработаны и изготовлены промышленные образцы карьерных комбайнов различных типов для открытых горных работ.

На основе опыта проектирования и эксплуатации шахтных добычных и проходческих комбайнов, а также оборудования для дорожного и аэродромного строительства был разработан ряд образцов комбайнов непрерывного действия для открытой разработки месторождений методом послойного фрезерования (такие комбайны получили название «Continuous Surface Miner», или сокращенно CSM) и многослойного фрезерования (стреловые комбайны).

Первые комбайны CSM появились на рынке в начале 80-х годов прошлого столетия. Несколько позже были созданы комбайны с роторным рабочим органом ковшового типа (серия «Satterwhite Wheel» и струговым рабочим

органом. Накоплен достаточно большой опыт практического применения различных моделей комбайнов на карьерах строительных материалов, угольных, фосфоритовых, бокситовых, гипсовых, при разработке вскрышных пород в США, Австралии, Канаде, Бразилии, ЮАР, Франции, Испании, Италии.

Карьерные комбайны, помимо высокой мобильности и селективной обработки забоев, обеспечивают высокий уровень поточности горного производства в сочетании с автоматизацией выемочных, погрузочных и транспортных операции с использованием дистанционного управления.

Технология обработки породного массива формирует целый комплекс предпосылок для достижения экологической чистоты и повышения экономической эффективности открытых работ, что обосновывается следующими факторами:

- возможностью управления параметрами обрабатываемых уступов в изменяющейся горнотехнической обстановке, поскольку при послойно-полосовой технологии производства горных работ высота уступа и ширина заходки не зависят от линейных параметров экскавационной машины типа «Surface Miner» (SM);

- возможностью безвзрывной обработки горного массива, представленного весьма крепкими породами, позволяющей сократить эксплуатационные издержки, обусловленные необходимостью проведения буровзрывных работ при использовании традиционной выемочно-погрузочной техники, и минимизировать вредное воздействие на окружающую среду;

- отказом от проведения буровзрывных работ в совокупности с широкими технологическими возможностями машин типа SM при селективной выемке сложно структурных и маломощных пластов полезного ископаемого;

- созданием необходимых предпосылок для уменьшения потерь и разубоживания полезного ископаемого, что повышает товарные свойства добываемого сырья.

Сопряженная работа машин типа SM и перегружателей непрерывного действия различной модификации создает условия для формирования технологических схем с полной конвейеризацией транспорта, что особенно важно для повышения эффективности функционирования глубоких карьеров с большими грузопотоками горной массы.

В настоящее время подобная техника производится только зарубежными фирмами на машиностроительных заводах Германии, США, Англии, Австрии, Японии, Швеции. Принципиальные и компоновочные схемы карьерных комбайнов предусматривают несколько вариантов расположения рабочего органа (рис. 1):

- в передней части машины (MTS, изготовитель фирма «MAN TAKRAF»-а и модель KSM, изготовитель фирма «Krupp»-б);

- на раме по центру (модель SM, изготовитель фирма «Wirtgen»-в);

- с консольным расположением рабочего органа на раме, вынесенного на стрелу (модель SME, изготовитель фирма «RANCO»-г);

- с отдельным от приемного конвейера (модель VASM, изготовитель фирма «Voest Alpine»-д).

При работе карьерных комбайнов всех выше перечисленных типов забоем является поверхность площадки уступа. В отличие от роторных и одноковшовых экскаваторов, которые при выемке блоков работают почти стационарно, комбайн послойной выемки породы представляет собой мобильное устройство с высокой скоростью передвижения. Эти машины рационально применять на любых относительно больших по площади месторождениях.

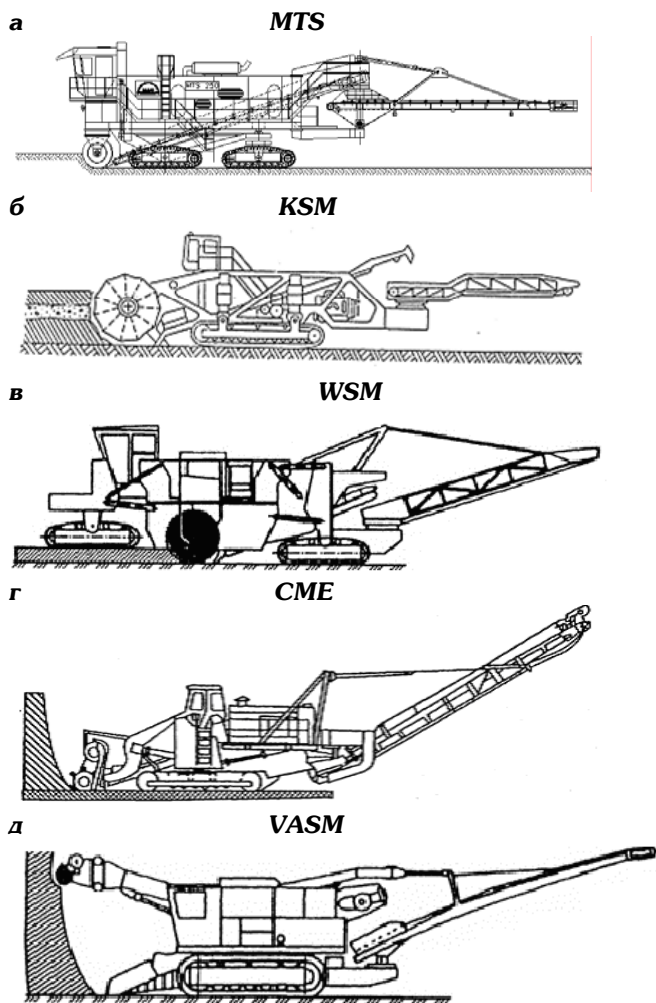


Рис. 1. Принципиальные компоновочные схемы карьерных комбайнов

MTS-C. Те и другие предназначены для открытой разработки пород прочностью до 50 МПа (известняк, бокситы, фосфориты, крепкий бурый уголь, каменный уголь, соли, глины и другие твердые осадочные породы) послойным фрезерованием без предварительного взрывания и первичного дробления, с применением поточной технологии и селективной выемки полезного ископаемого. Все комбайны имеют модульную конструкцию, включающую ходовую часть с гусеничными тележками, шнекофрезерный рабочий орган с опорной рамой и приводными механизмами, эргономичную кабину управления с системами кондиционирования и видеoinформации. Комбайны могут оборудоваться системой распознавания границ слоев, глобальной системой навигации и определения положения (GPS), системами радиотелеуправления и пылеподавления.

В настоящее время выпускаются 11 моделей комбайнов базовых серий MTS и MTS-C.

Компактные комбайны серии MTS-C выполнены с учетом специальных требований к процессу добычи и измельчения полезного ископаемого. Шнекофрезерный барабан обеспечивает хорошее измельчение материала и его укладку в валки для последующей перегрузки ковшовыми погрузчиками в самосвалы или через загрузоч-

При небольшой площади отработки производительность комбайна снижается из-за потерь времени на маневровые операции (разворот и переезд к следующей заходке). Наибольшую эффективность показали карьерные комбайны непрерывного действия с центральным и передним расположением рабочего органа (см. рис. 1), обеспечивающие послойную выемку пород прочностью до 150 МПа.

Сегодня фирма «MAN TAKRAF» выпускает два типа комбайнов: фрезерные серии MTS и компактные серии

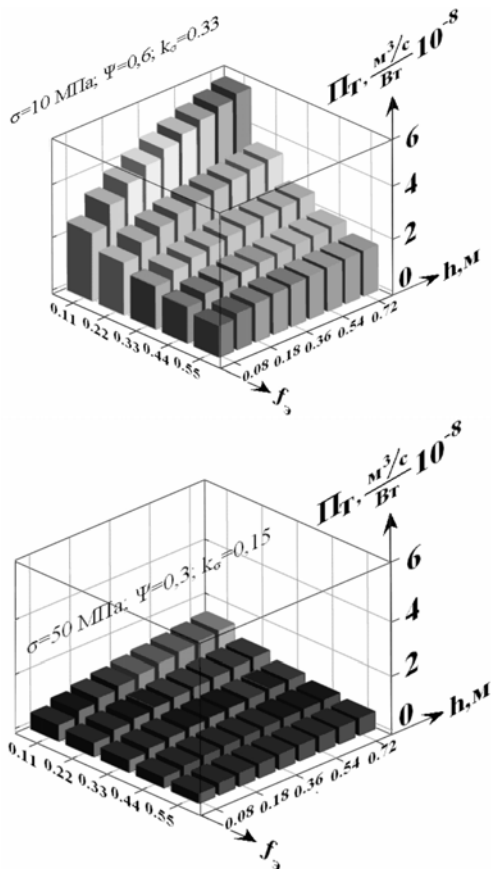


Рис. 2. Результаты моделирования удельной технической производительности карьерного комбайна MTS – 250 фирмы «MAN TAKRAF» ($D = 1,6$ м) в зависимости от: высоты фрезеруемого слоя - h ; прочности породы - σ ; эффективного коэффициента трения - f_s

ные воронки на конвейер. Конструкцией предусмотрена установка шнекофрезерного рабочего органа в передней или в задней части рамы. При работе передним барабаном обеспечивается высокая избирательность выемки слоев независимо от состояния поверхности перед фрезерным барабаном. Расположение барабана в хвостовой части машины эффективно в том случае, когда требуется ограничить выход мелких фракций и обеспечить мак-

симальную производительность. Кроме того, шнекофрезерный барабан регулируется с помощью гидравлического устройства по высоте (вверх/вниз), а также в горизонтальной плоскости (влево/вправо) в диапазоне $\pm 5\%$. Компактные комбайны серии MTS-C (рис. 2) оснащены двух гусеничным ходовым механизмом, смонтированным на жесткой опорной раме. Привод разгрузочного конвейера и шнекофрезерного барабана - дизель-гидравлический.

Эффективность работы карьерного комбайна со шнеко-фрезерным рабочим органом зависит от многих взаимосвязанных между собой факторов.

В результате аналитических исследований и экспериментальной проверки полученных зависимостей при работе двух карьерных комбайнов, эксплуатируемых на участке по добыче фосфоритов «Ташкура» НГМК, для расчета удельной технической производительности рекомендуется система уравнений:

$$\left\{ \begin{aligned} & \Pi_T = \frac{1}{\sigma \cdot \eta_m} \times \\ & \times \frac{\varphi_0}{\left[1 + f_s \left(\Psi + 2z k_\sigma \varphi_0 / \cos \frac{\alpha_2}{2} \operatorname{tg} \alpha \right) \right] + (1 + f_s) \lambda(\varphi_0, \Psi) \theta}; \\ & f_s = f \left[1 + \frac{v_{\text{амн}}^2}{v_n^2} \right]^{-0.5}, 0 \leq \frac{v_{\text{амн}}}{v_n} \leq 3; \\ & \lambda(\varphi_0, \Psi) = \cos \frac{2}{3} \varphi_0 - \Psi \sin \frac{2}{3} \varphi_0; \\ & \varphi_0 = \operatorname{ArcCos}(1 - 2h/D), 0.08 \leq h \leq 0.72. \end{aligned} \right.$$

Результаты моделирования удельной технической производительности (системы уравнений) для карьерного комбайна MTS – 250 фирмы «MAN TAKRAF» ($D = 1,6$ м) в зависимости от высоты фрезеруемого слоя - h для прочности породы $\sigma_{\min} = 10$ МПа и $\sigma_{\max} = 50$ МПа (фосфоритовое Джерой-Сардаринское месторождение, Республика Узбекистан); при различ-

ных значениях эффективного коэффициента трения $-f_s$ породы о шнек приведены на рис. 1.

Анализ предлагаемых аналитических зависимостей (системы уравнений) свидетельствует, что:

- величина удельной технической производительности карьерного комбайна при заданных его конструктивных (W, D) и энергетических ($N_{ш}, N_x, \eta_x, \eta_{ш}$) параметрах не линейно зависит не только от технологических ($\sigma, \varphi_0(h), \psi, \lambda(\varphi_0, \psi)$), но и от виброреологических ($v_{отн}/v_n, f_s$) параметров (рис. 2).

- **для связанных пластичных пород** ($\sigma=10$ МПа; $\Psi=0,6$; $k_\sigma=0,33$) при уменьшении эффективного коэффициента трения $-f_s$ с 0,55 до 0,11 удельная техническая производительность увеличивается в 2,15 раз при высоте фрезеруемого

слоя породы $h = 0,08$ м. и в 3,2 раза при высоте фрезеруемого слоя породы $h=0,72$ м;

- **для крепких хрупких пород** ($\sigma = 50$ МПа; $\Psi = 0,3$; $k_\sigma = 0,15$) при уменьшении эффективного коэффициента трения $-f_s$ с 0,55 до 0,11 удельная техническая производительность увеличивается в 1,6 раз при высоте фрезеруемого слоя породы $h = 0,08$ м. и в 2,4 раза при высоте фрезеруемого слоя породы $h = 0,72$ м;

Таким образом, можно констатировать, что техническая производительность карьерного комбайна - P_T при заданных его конструктивных (W, D) и энергетических ($N_{ш}, N_x, \eta_x, \eta_{ш}$) параметрах не линейно зависит не только от технологических ($\sigma, \varphi_0, \psi, \lambda(\varphi_0, \psi)$), но и от виброреологических ($\omega \pm \Delta \omega, f$) параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Замышляев В.Ф., Грабский А.А., Кузиев Д.А., Абдуазизов Н.А. Сравнительный анализ результатов аналитических и экспериментальных исследований момента сопротивления вращению шнеко-фрезерного рабочего органа карьерного комбайна. // Горный информационно-аналитический бюллетень, выпуск 11. – М.: Изд-во МГТУ, 2007, С.15-23.
2. Медников Н.Н., Сытенков В.Н. Методика расчета производительности ро-

торных экскаваторов и фрезерных комбайнов применительно к технологическим схемам разработки вскрышных пород фосфоритного карьера. Навои НГИИ // Горный вестник Узбекистана №1, 2001. С. 88-91

3. Блехман И.И. Метод прямого разделения движений в задачах о действии вибрации на нелинейные механические системы. – «Известия СССР. Серия Механика твердого тела», 1976, №6, с. 13-27. **ПИАБ**

Коротко об авторе

Грабский А.А. – кандидат технических наук, профессор кафедры ГМО, Московский государственный горный университет, Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru

