© В.В. Габов, Д.А. Задков,
Ю.В. Лыков, Э.В. Кустриков, 2014

УДК 622.23.054

В.В. Габов, Д.А. Задков, Ю.В. Лыков, Э.В. Кустриков

ОЦЕНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ФРОНТАЛЬНЫХ МОДУЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ИЗБИРАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

Рассмотрены технологические особенности фронтальных модульных комплексов, которые в отличие от комбайновых и струговых комплексов могут эффективно использоваться как в длинных, так и коротких очистных забоях, при выемке целиков и забалансовых запасов угля. Выемочной машиной фронтального модульного комплекса является унифицированные выемочные модули, которыми могут оснащаться исполнительными органами статического, динамического или комбинированного действия, что обеспечивает эффективное разрушение как слабых (угли), так и средней крепости боковых с угольным пластом пород с толщиной среза (скола) от 0,1 м до 0,3 м. На примере фронтального модульного комплекса, осуществляющего отработку лавы локальными забоями и параллельными заходками с разрушением массива в забое последовательными срезами по напластованию от почвы к кровле или в обратной последовательности рассматривается зависимость производительности секционного фронтального модульного комплекса от режимных и технологических параметров его работ. Показано, что на рост производительности фронтального модульного комплекса избирательного действия наибольшее влияние оказывают увеличение ширины среза, длины лавы и скорости резания.
Ключевые слова: уголь, пласт, очистной комплекс, выемочный модуль, исполнительный орган, производительность.

Одним из возможных направлений повышения эффективности добычи угля подземным способом как в длинных, так и в коротких очистных забоях может быть использование технических средств, осуществляющих избирательную обработкой забоя с селективной выемкой угля. Возможность избирательной технологии заложена в некоторых типах выемочных агрегатов циклического действия, которые могут быть использованы при фронтальной отработке угольных пластов. Известны в этой области разработки ИГД им. А.А. Скочинского [1], Гипроуглемаша [2], МГГУ [3], ПНИУИ [4, 5, 6], СПГГУ [7, 8, 9].

В особую группу выделяют секционные агрегаты циклического действия. Особенностью этих агрегатов является размещение выемочных унифицированных модулей (УВМ) на каждой секции механизированной крепи, через секцию, или на специальной базе. Такие модули могут осуществлять отделение угля от массива с большими толщинами среза от 80 мм до 300 мм. Максимальная крупность кусков ограничена по условиям транспортирования. Опора на секции механизированной крепи и использование гидропривода обеспечивают устойчивость режимов работы УВМ при передаче значительных по величине сил скалывания (в случае присечки породы), то есть при малых скоростях перемещения исполнительных органов, при этом стопорные режимы работы не являются для них аварийными. Выемочные модули по характеру сил, месту их приложения и последовательности операций за цикл могут осуществлять различные способы обработки забоя. Наиболее полно классификация способов отделения угля от массива выемочными модулями представлена в работе [8].

Для оценки технологических возможностей фронтальных комплексов модульного исполнения, осуществляющих избирательные способы отделения угля от массива, необходим анализ зависимости их производительности от скоростей резания ($V_р$) и передвижения секций крепи ($V_{кр}$), толщины среза (h), времени выполнения вспомогательных операций, времени организационных (T_0) и технологических ($T_т$) перерывов и других факторов, существенно влияющих на производительность.

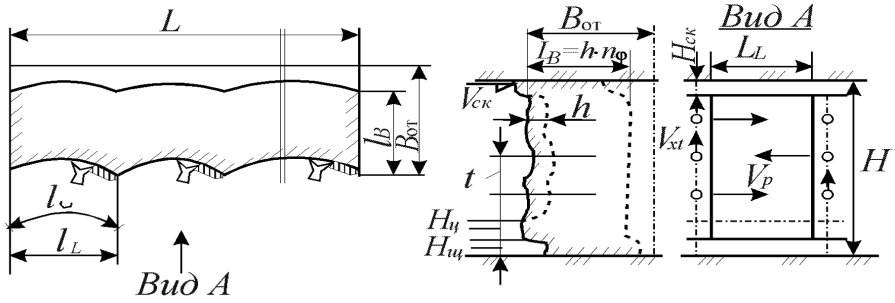
Рассмотрим процесс выемки угля фронтальным модульным комплексом (КФМ), в котором модули осуществляют фронтальный способ отделения угля от массива (рисунок) с одновременной отработкой лавы локальными забоями l_L параллельными заходками с разрушением массива в забое последовательными срезами по напластованию от почвы к кровле или в обратной последовательности. При этом пласт ослабляется подрезной щелью $H_щ$ по почве, а целик у кровли $H_{ск}$ обрушается скалывателями секции крепи [8]. Срезы по слоям пласта могут осуществляться двусторонним статическим или статико-динамическим резанием избирательно с последовательным позиционированием исполнительных органов по мощности пласта и глубине заходки с учетом структуры пласта, хрупкости, трещиноватости и степени отжима угля в забое.

Для удобства анализа примем, что скорости резания, холостого хода и позиционирования исполнительного органа равны ($V_р = V_х = V_{ио}$). Это не только возможно, но в некоторых способах отделения угля от массива является необходимым условием взаимного согласования циклов операций всех модулей очистного забоя между собой и исключения аварийных ситуаций, например, столкновения исполнительных органов соседних модулей.

Принимая во внимание, что длина лавы равна $L = \ell_L \cdot n_м$, (ℓ_L – шаг расстановки, $n_м$ – количество модулей в лаве), длины дуги $\ell_\cup$ и соответствующей хорды ℓ_L близки по значениям ($\ell_\cup \approx \ell_L$), то формулу определения производительности комплекса можно представить в виде:

$$Q_э = \frac{3600 \cdot n_д \cdot T_{см} \cdot H \cdot L \cdot K_o \cdot \gamma}{\frac{1}{K_г}\left[\frac{(2\ell_L + t)(m_{ср} - 1)}{V_p \cdot h} + \frac{K_{сх} \cdot K'_o}{V_{кр}}\right] + T_т + T_o + T_{кш} \cdot R \cdot \frac{K''_o}{K_{гш}}}, \text{ т/сут}, \qquad (1)$$

где t – среднее значение ширины среза, осуществляемого исполнительным органом, м; $m_{ср}$ – количество срезов по мощности пласта, шт; $T_{см}$, $T_{кш}$ – длительность смены и время передвижки секций крепи сопряжений; $K_о$, $K'_о$ и $K''_о$ –



Фронтальный избирательный способ отделения угля от массива выемочным модулем: $V_р$ – скорость движения резцовой коронки при осуществлении срезов; $V_{ск}$ – скорость движения скалывателя секции крепи

коэффициенты оценки степени одновременности работы модулей по выемке угля, передвижке секций крепи в лаве и крепи сопряжений, соответственно; $K_г$, $K_{гш}$ – коэффициенты готовности модулей и крепи сопряжения; R – кратность передвижки крепи сопряжений к передвижкам секций крепи в лаве.

Как видно из формулы (1), зависимость производительности комплекса от длины лавы, при прочих равных условиях, линейная, так как с увеличением длины лавы пропорционально увеличивается количество выемочных модулей: $n_м = L/\ell_L$ без изменения технологии работы комплекса.

Формулу (1) для оценки влияния скорости движения исполнительного органа ($V_р$) и длины лавы на производительность можно представить в виде:

$$Q_э = \frac{A \cdot L}{\frac{D}{V_p} + B + M} = \frac{A \cdot L \cdot V_p}{D + B \cdot V_p + M \cdot V_p}, \qquad (2)$$

где $A = 3600 \cdot n_д \cdot T_{см} \cdot H \cdot K_o \cdot \gamma$; $D = \frac{(2\ell_L + t)(m_{ср} - 1)}{K_г \cdot h}$; $D = \frac{K_{сх} \cdot K''_o}{K_г \cdot V_{кр}}$;

$M = T_т + T_o + \frac{T_{кш} \cdot R \cdot K'''_o}{K_{гш}}$ – постоянные величины. Из формулы (2) следует, что производительность комплекса с ростом $V_р$ увеличивается нелинейно. При этом пределы увеличения скорости резания ограничены по техническим и технологическим причинам.

С увеличением толщины среза (h) производительность комплекса растет менее интенсивно, чем при увеличении длины лавы, так как h входит в числитель и сомножителем лишь в одно из слагаемых знаменателя в формуле:

$$Q_э = \frac{A' \cdot h}{D' + h \cdot (B + M)}. \qquad (3)$$

Здесь $A' = AL$; $D' = \frac{(2\ell_L + t)(m_{ср} - 1)}{K_г \cdot V_p}$ – для конкретных условий величины постоянные.

Как видно из формулы (3), с увеличением толщины среза ее влияние на рост производительности комплекса снижается.

Для оценки влияния мощности пласта (H) на производительность комплекса формулу (1) приведем к виду:

$$Q_э = \frac{A'' \cdot H}{\frac{D''}{t} \cdot H - D'' + B + M}, \qquad (4)$$

где $A'' = 3600 \cdot n_д \cdot T_{см} \cdot L \cdot K_o \cdot \gamma$; $D'' = \frac{2\ell_L + t}{K_г \cdot V_p \cdot h}$ – постоянные величины по условию анализа.

Если шаг среза постоянный, то с увеличением H увеличивается количество срезов , при этом производительность комплекса будет равна:

$$Q_э = \frac{A''}{\frac{D''}{t} + \frac{B + M - D}{H}}. \qquad (5)$$

В таком случае рост производительности комплекса происходит только в связи с уменьшением относительного времени выполнения вспомогательных операций $T_{отн} = (B + M - D'')/H$.

Для более интенсивного роста производительности комплекса с увеличением мощности пласта целесообразно использовать сменные исполнительные органы с увеличивающейся шириной среза, то есть поддерживать количество срезов по мощности пласта постоянным ($m = H/t$ = const). Тогда формула (5) будет иметь вид:

$$Q_э = \frac{A'' \cdot H}{D'' m_{ср} - D'' + B + M} = \frac{A'' \cdot H}{K'},$$

где K' – величина постоянная по условию анализа. В этом случае производительность комплекса $Q = f(H)$ при m = const будет линейно возрастать с увеличением мощности пласта.

В случае использования сменных исполнительных органов или исполнительных органов с регулируемой шириной среза приводы резания модулей и насосные станции должны иметь больший запас мощности, а гидромагистрали – больший запас пропускной способности потока рабочей жидкости.

Из результатов проведенного анализа следует:

• на рост производительности КФМ избирательного действия наибольшее влияние оказывают увеличение ширины среза, длины лавы и скорости резания;

• избирательность и селективность обработки забоя в совокупности с простотой компоновки комплексов для длинных и коротких забоев, нечувствительностью к искривлениям линии забоя позволяют отрабатывать как короткие столбы, целики, пограничные участки кондиционных и не кондиционных запасов с приемлемой производительностью (интенсивностью), так и кондиционные участки длинными забоями с высокой итенсивностью;

• представленный метод может быть применен для анализа зависимости производительности и обоснования рационального режима работы фронтальных модульных комплексов различной структуры и технологий их работы в конкретных горно-геологических условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Карленков А.А.* Анализ состояния работ по созданию струговых агрегатов для выемки тонких пологих пластов без постоянного присутствия людей в очистном забое. Научные труды. – М.: ИГД им.А.А.Скочинского, 1981. – Вып. 201. – С. 39–44.

2. *Графов Л.Л., Кидерман А.Д., Киклевич Ю.Н. и др.* Перспективы безлюдной выемки угля на основе роботизации: Обзор. – М.: ЦНИЭИуголь – 1983. – 66 с.

3. *Картавых Г.И.* А.с. SU 1490271 СССР, МКИ Е21С 27/16. Фронтальный агрегат. Заяв. 08.04.87; опубл. 30.06.89; Бюл. № 24.

4. *Наместников Ю.И., Дементьев А.И.* Шахтные испытания агрегата АГК-8 // Уголь. – 1988. – № 1. – С. 46–49.

5. *Романов П.Д., Малышев В.П., Куракин А.И. и др.* Шахтные испытания агрегата АФГ / Горные машины и автоматика. – М.: ЦНИЭИуголь, 1974. – Вып. 8. – С. 8–12.

6. *Агрегат* фронтальный гидравлический: Отчет о НИОКР / ПНИУИ. – Новомосковск: 1976. – 64 с.

7. *Габов В.В., Задков Д.А., Талеров К.П., Хозяинов В.П.* Актуальность и перспективы применения очистных и проходческих модульных комплексов // Народное хозяйство республики Коми. – 2011. – Т. 20, № 1. – С. 59–63.

8. *Габов В.В., Тужиков В.Ф., Задков Д.А.* Классификация способов отделения угля от массива выемочными модулями // Горный информационный аналитический бюллетень. – 2003. – № 6. – С. 147–150.

9. *Габов В.В., Загривный Э.А., Коршунов Г.И., Гонтарь С.П.* А.с. SU. 1493793 СССР, МКИ Е21С 27/00. Выемочный фронтальный агрегат. – Заяв. 02.03.87; опубл. 15.07.89; Бюл № 26. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Габов Виктор Васильевич – доктор технических наук, профессор,
Задков Денис Александрович – кандидат технических наук, доцент,
Лыков Юрий Васильевич – кандидат технических наук, доцент,
Кустриков Эдуард Владимирович – аспирант,
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», *e*-mail: rectorat@spmi.ru.

UDC 622.23.054

PERFORMANCE ASSESSMENT OF SELECTIVE-ACTION FRONT-END MODULAR EQUIPMENT SYSTEMS

Gabov V.V., Doctor of Technical Sciences, Professor,
Zadkov D.A., Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,
Lykov Yu.V., Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,
Kustrikov E.V., Graduate Student,
National Mineral Resource University «University of Mines», *e*-mail: rectorat@spmi.ru.

The article considers technological features of front modular systems that can be effectively used in both long and short clearing faces, by excavation pillars and off-balance sheet of coal reserves, unlike the shearers and plough-type machines. Cutting element of front modular system is uniform excavation module that can be fitted with the static, dynamic or combined action executive bodies. That provides effective destruction of both weak (coals) and medium bodied (side with coal seam) rocks with slice (cleavage) thickness from 0.1 m to 0.3 m. Large slice (cleavage) thickness cause high quality particle size distributions with a small allocation of fine fractions and fugitive dust during the separation of minerals from an array. Manipulator degrees of freedom provide precise positioning of the executive body and the face area of the recess sequence. That is providing the processing selectivity and mineral extraction and related breeds selectivity. Technological features of the front modular systems work significantly affected the structure and sequence of performance calculation. There are more than 10 ways of processing face with cutting modules front of the front modular systems. The dependence of the performance of modular sectional front system on the regime and technological parameters of its work is shown on the example of the front modular system performing face processing with local faces and parallel stopes when destructing the array by consecutive shears on stratification of coal from the soil to the roof or in the reverse order. It is shown that the performance growth of the selective front modular system is influenced by the cutting width increase, face length and cutting speed. The presented method can be the basis for analysis and substantiation of rational working mode of the front modular systems with different structures and work technologies in specific geological conditions.

Key words: coal, coalbed, longwall set of equipment, cutting module, executive body, performance.

REFERENCES

1. Karlenkov A.A. *Analiz sostoyaniya rabot po sozdaniyu strugovykh agregatov dlya vyemki tonkikh pologikh plastov bez postoyannogo prisutstviya lyudei v ochistnom zaboe. Nauchnye trudy* (Analysis of the status of works on creation of plow units for extraction of thin flat layers without the constant presence of people in the working face. Proceedings), Moscow, IGD im.A.A.Skochinskogo, 1981, issue 201, pp. 39–44.
2. Grafov L.L., Kiderman A.D., Kiklevich Yu.N. Perspektivy bezlyudnoi vyemki uglya na osnove robotizatsii: Obzor (Prospects deserted coal mining based on robotics: Overview), Moscow, TsNIEIugol', 1983, 66 p.
3. Kartavykh G.I. *AS SU 1490271 SSCR, MKI E21S 27/16*. Front unit, stated. 08/04/87; publ. 6/30/89; Bull № 24
4. Namestnikov Yu.I., Dement'ev A.I. *Ugol'*, 1988, no 1, pp. 46–49.
5. Romanov P.D., Malyshev V.P., Kurakin A.I. *Gornye mashiny i avtomatika* (Mining machinery and automation), Moscow, TsNIEIugol', 1974, issue 8, pp. 8–12.
6. *Agregat frontal'nyi gidravlicheskii: Otchet o NIOKR–PNIUI* (Front hydraulic unit: research and development report – PNIUT), Novomoskovsk, 1976, 64 p.
7. Gabov V.V., Zadkov D.A., Talerov K.P., Khozyainov V.P. *Narodnoe khozyaistvo respubliki Komi* (The national economy of the republic of Komi), 2011, vol. 20, no 1, pp. 59–63.
8. Gabov V.V., Tuzhikov V.F., Zadkov D.A. *Gornyi informatsionnyi analiticheskii byulleten'*, 2003, no 6, pp. 147–150.
9. *Gabov V.V., Zagrivnyi E.A., Korshunov G.I., Gontar' S.P. AS SU. 1493793 USSR, MKI E21S 27/00. The excavation front unit*. – stated. 02/03/87; publ. 7/15/89; Bull № 26.