

УДК 622.232.8

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ УНИФИЦИРОВАННОГО ВЫЕМОЧНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ДОБЫЧИ КАЛИЙНОЙ РУДЫ

Кустриков Э.В.¹, Габов В.В.¹, Задков Д.А.¹

¹ ФГБОУ ВПО «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный» (199106, г. Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, д.2), e-mail: gvv40@mail.ru

В статье рассматриваются технологические особенности работы унифицированных выемочных модулей и возможности их использования в составе фронтальных модульных комплексов для добычи полезных ископаемых в подземных условиях. В отличие от комбайновых, фронтальные модульные комплексы могут эффективно использоваться как в длинных, так и коротких очистных забоях при отработке целиков или забалансовых участков шахтных полей. Каждый выемочный модуль состоит из опорной базы и выемочного механизма, включающего манипулятор и исполнительный орган. Выемочный механизм может оснащаться, в зависимости от крепости разрушаемого массива, исполнительными органами статического или статико-динамического действия. Степени свободы манипулятора выемочного модуля обеспечивают позиционирование исполнительного органа по площади локального забоя и направлению выемки с учетом анизотропии прочностных свойств разрушаемого массива, что обеспечивает возможность избирательной энергосберегающей обработки забоя и селективной выемки полезного ископаемого. При этом отделение полезного ископаемого осуществляется крупным сколом. В качестве опорной базы выемочного механизма, в рассматриваемом варианте, используется секция механизированной крепи очистного механизированного комплекса.

Ключевые слова: калийная руда, подземная добыча, забой, выемочный модуль, исполнительный орган, параметры, скальватели, операции цикла, производительность.

POTASH ORE MINING UNIFIED EXCAVATION MODULE STRUCTURAL FEATURES AND EXCAVATION TECHNOLOGY

Kustrikov E.V.¹, Gabov V.V.¹, Zadkov D.A.¹

¹ National Mineral Resource University(2, 21-line V.O., 199106 Saint-Petersburg, Russia), e-mail: gvv40@mail.ru

The article considers technological features of unified excavation modules service and possibility of their usage in front modular complexes for underground minerals excavation. Unlike shearer-loader front modular complexes can be effectively used in both long and short clearing faces, by excavation pillars and off-balance mine field sheet. Every excavation module consists of: base support and haulage unit that includes manipulator and executive body. Uniform excavation module that can be fitted with static or staticodynamic cleavage rock cutting tool depending on rocks strength properties. Uniform excavation module manipulator degrees of freedom provide precise positioning of the executive body at the face area and the excavation direction considering rocks strength properties, that provides electoral energy-saving face processing scheme with the selective processing procuring. That allows large slices mineral detaching with constant thickness. In the considered option shoring is used as the base support for executive body.

Keywords: potassium ore, underground mining, local face, cutting module, executive body, parameters, cleavers, cycle operations, performance.

В настоящее время подземная добыча калийной руды ведется в длинных и в коротких забоях. При отработке запасов короткими забоями (камерным способом) применяются проходческо-добычные комбайны с буровыми или барабанными исполнительными органами, а при отработке длинными забоями применяются шнековые комбайны в составе очистных механизированных комплексов. Все эти выемочные машины оснащаются роторными исполнительными органами и разрушают горный массив с поверхности сплошным фрезерованием преимущественно серпообразными срезами со скоростями резания 2-4 м/с.

Основными недостатками работы этих машин, как и при добыче каменного угля, являются:

- значительные объемы выхода мелких не обогащаемых классов разрушаемой массы и, как следствие, высокие удельные затраты энергии;
- недостаточная устойчивость технологического процесса;
- невозможность реализации избирательной обработки забоя и селективной выемки полезного ископаемого;
- чрезмерная концентрация реализуемой мощности на малом локальном по длине лавы участке приводит к повышению опасности работ в активной зоне движения выемочной машины, секций механизированной крепи и к физиологической перегрузке персонала.

Целью исследований является поиск и обоснование более эффективных способов отделения полезных ископаемых от массива выемочными органами горных машин с меньшим переизмельчением, удельным расходом энергии и пылеобразованием.

Метод исследований

В этой ситуации альтернативой роторным добычным машинам могут быть известные, но не получившие пока широкого применения, унифицированные выемочные модули [1,4,5]. Унифицированные выемочные модули (УВМ) обеспечивают энергосберегающую избирательную технологию отделения полезного ископаемого от массива с возможностью раздельной выемки полезного ископаемого и породы.

Унифицированные выемочные модули предназначены для компоновки комплексов фронтальных модульных (КФМ) для добычи полезных ископаемых (угля, калийной руды и др.) в длинных очистных забоях, с высокой интенсивностью горных работ, или в коротких забоях при отработке целиков или ограниченных по размеру некондиционных участков. Такие участки, прилегающие к зонам геологических нарушений или к границам шахтных полей, как правило, не отрабатываются и остаются в забалансовых запасах.

Известны работы по определению оптимальных параметров выемочных модулей для добычи угля, в то время как для добычи калийной руды таких работ практически нет.

Техническое решение

На рисунке 1 представлен предлагаемый УВМ для работы по калийной руде. Он состоит [2, 6] из опорной базы в виде секции механизированной крепи – 1, поворотной турели – 2, манипулятора – 3, конвейероструга – 4, поворотного устройства – 5, козырька со скальвателем – 6 и исполнительного органа – 7 статического или статико-динамического действия, в зависимости от крепости разрушаемого массива. В качестве опорной базы унифицированного выемочного модуля так же могут быть использованы конвейерный став или специальная база.

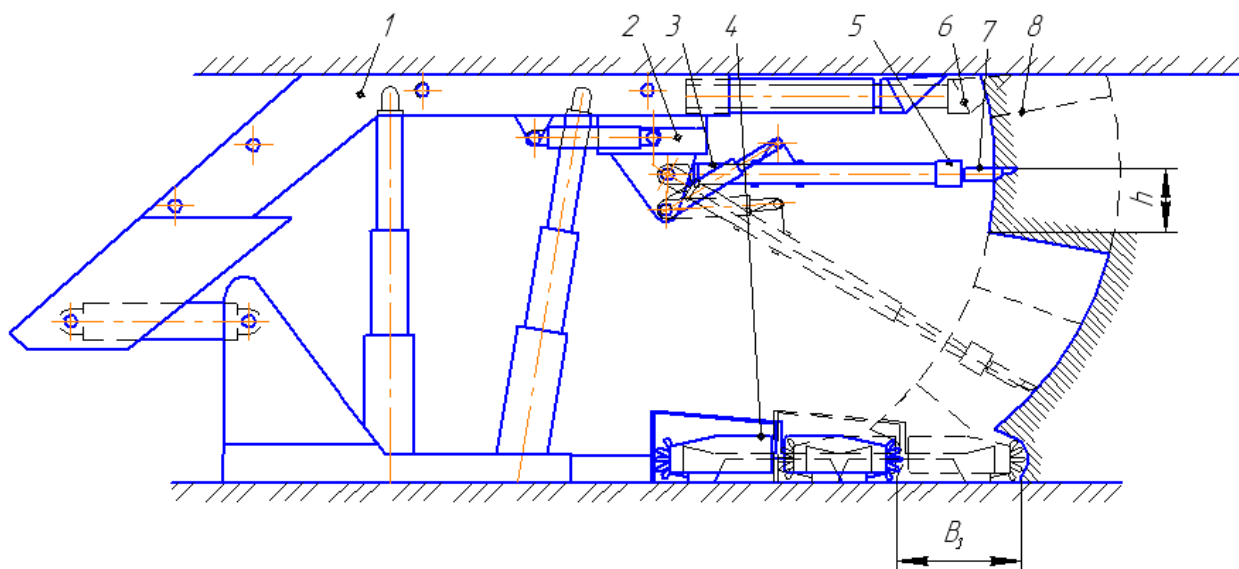


Рис. 1. Унифицированный выемочный модуль

Метод исследования

В отличие от угля, калийной руде свойственны меньшие анизотропия и трещиноватость, большая вязкость. Прочность калийной руды в $1,5 \div 2,0$ раза больше, чем угля. Исходя из этих особенностей сформулированы требования к способу отделения калийной руды от массива и к исполнительному органу УВМ:

- процесс отделения стружки (скола) от массива под воздействием исполнительного органа должен формироваться образованием минимально необходимого количества магистральных трещин;

- для формирования магистральных трещин целесообразно использовать эффект «парности скола»;

- следует предусмотреть наличие на исполнительном органе специальных устройств, обеспечивающих разрушение блоков на части и исключающих выход негабаритов;

- способ внедрения в массив породоразрушающего инструмента должен соответствовать крепости разрушаемого массива: статический (резание, вдавливание) для слабых и средней крепости пород, ударный для крепких пород или комбинированный для пород средней и выше средней крепости.

Особенности конструкции

Исполнительный орган (рис.2) представляет собой рамную раздвижную конструкцию, установленную на поворотной турели, и содержит два силовых цилиндра – 6, две трубчатые направляющие – 5, соединительный блок – 4, блок ударников – 3 и скалывающую коронку – 2 с пятью съемными резцами-скалывателями – 1.

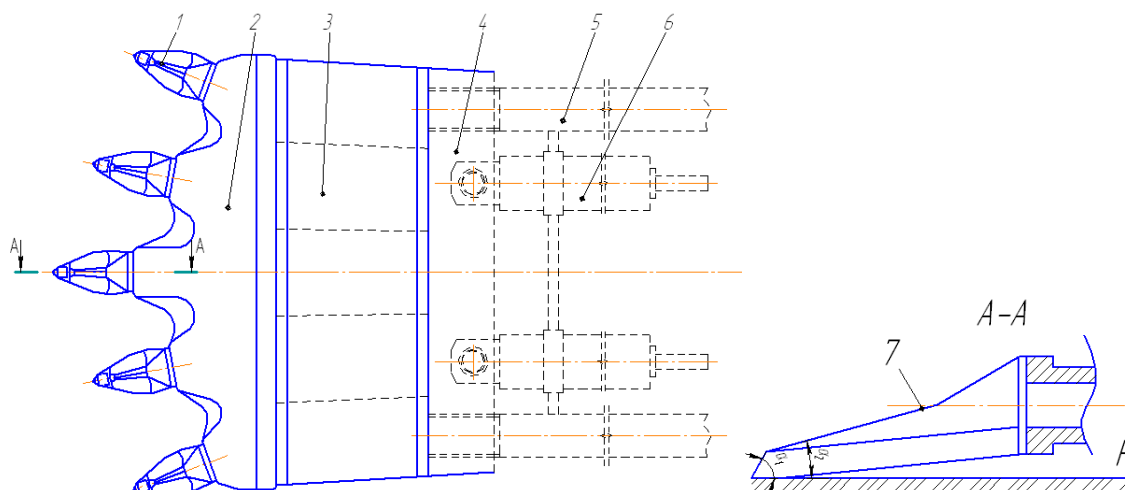


Рис.2. Исполнительный орган выемочного модуля

Схема расстановки резцов-скальвателей – ступенчатая с симметричным расположением резцов под углом к продольной оси коронки. Шаг расстановки резцов – t принят для обеспечения эффекта «парности скола» меньше оптимального:

$$t \leq K_c \cdot t_{\text{опт}},$$

где K_c – коэффициент уменьшения ширины скола, учитывает формирование скола единой магистральной трещиной, образуемой всеми резцами коронки; $t_{\text{опт}}$ – оптимальный шаг расстановки резцов для условий формирования последовательных срезов.

Режущие кромки резцов расположены в одной плоскости – плоскости резания P (рис.2) и имеют клиновидную форму, что обеспечивает при движении коронки формирование единой магистральной поверхности скола. Каждый резец оборудован клиновым по форме ребром – 7, предназначенным для разделения отделяемого блока на габаритные куски. Для разрушения крепких пород предусмотрена возможность установки съемного блока ударников – 3.

Известно более десяти технологических схем обработки забоя выемочными модулями [3]. С учетом прочностных свойств калийной руды (отсутствие явно выраженной слоистости, слойчатости и систем трещиноватостей в массиве) предлагается рассмотреть схему обработки забоя от почвы к кровле с одновременной обработкой двух вертикальных секторов (рис. 3), в которой l_L – ширина локального забоя, равная шагу расстановки секций крепи в очистном забое, H – высота локального забоя, равная мощности отрабатываемого пласта, B_3 – ширина захвата равна шагу передвижки крепи, h – толщина скола. Ширина скола равна $l_L/2\cos\varphi$, где φ – угол поворота манипулятора относительно продольной оси модуля.

Последовательность выполняемых операций цикла при обработке забоя следующая: позиционирование исполнительного органа в точку 1, скол массива со скоростью $V_{\text{ск}}$ на

глубину скола $b_{ск}$, возвращение в исходное положение со скоростью V_{xt} , перемещение в точку 2 со скоростью V_{yt} .

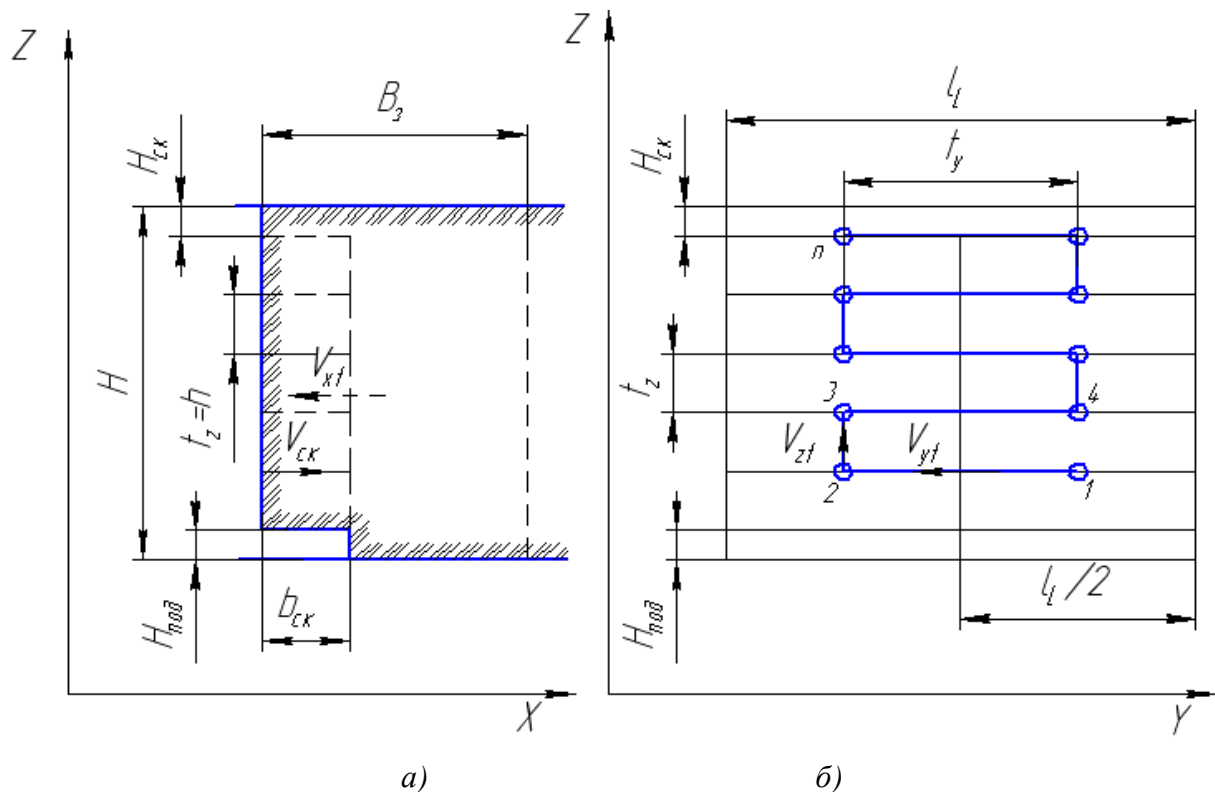


Рис. 3. Схема движений исполнительного органа при обработке забоя за цикл

При обработке всего фронта локального забоя на глубину $b_{ск}$, операции скальвания и позиционирования повторяются $2 \cdot m_{ск}$ раз, где $m_{ск}$ – количество сколов по мощности забоя. Нижняя пачка пласта – $H_{под}$ подрубается и зачищается конвейеростругом, а завершается обработка забоя в каждом цикле скальванием верхней пачки $H_{ск}$ козырьком-скальвателем – б секции механизированной крепи (рис.1).

Количество добываемой модулем руды за цикл будет равно: $V_m = H \cdot l_L \cdot B_з \cdot \gamma$, где γ – плотность породы в массиве.

Длительность цикла: $t_{ц} = \sum t_i$, где t_i – время i -той операции цикла.

Техническая производительность УВМ составит:

$$q_M = \frac{H \cdot l_L \cdot B_з \cdot \gamma}{T_{ц}}$$

Техническая производительность фронтального модульного комплекса составит:

$$Q_K = q_M \cdot n_M \cdot K_0$$

где K_0 – коэффициент одновременности работы унифицированных модулей комплекса по выемке в очистном забое.

Результаты исследований

Отличительными особенностями процесса отделения полезного ископаемого от массива исполнительным органом УВМ являются:

- разрушение массива с открытой поверхности последовательными во времени единичными сколами толщиной $h=0,1\div 0,3$ м из предварительно фиксированной позиции исполнительного органа;

- жесткая опорная база и гидравлический привод обеспечивают возможность передачи больших усилий на исполнительный орган при отделении породы от массива и саморегулирование его скорости выдвигания;

- поступательное движение исполнительного органа с малой средней скоростью резания $0,1\div 0,5$ м/с и возможность стопорных режимов, которые не являются для УВМ аварийным состоянием;

- избирательность отделения крупным сколом полезного ископаемого от массива по месту и направлению скалывания с учетом анизотропии прочностных свойств разрушаемого массива и возможность селективной выемки;

- низкие удельный расход энергии и энергонапряженность процесса отделения руды от массива в активной зоне выемки.

Основными отличительными особенностями технологического процесса выемки полезного ископаемого КФМ в очистном забое являются:

- одновременная фронтальная отработка лавы локальными забоями параллельными заходками;

- возможность эффективного использования КФМ как в коротких, так и в длинных очистных забоях;

- возможность обеспечения резервирования процесса выемки полезного ископаемого увеличением ширины локальных забоев, обрабатываемых УВМ, и, следовательно, повышения устойчивости технологического процесса в очистном забое в целом;

- возможность обеспечения заданного гранулометрического состава добываемой массы;

- обеспечение безопасной технологии ведения очистных работ из-за многократного снижения энергонапряженности процесса в активной зоне выемки.

Вывод

Из изложенного следует, что унифицированные выемочные модули могут эффективно использоваться в составе фронтальных комплексов для добычи полезного ископаемого как в длинных, так и коротких забоях, обеспечивая:

- избирательность обработки забоя и селективность выемки полезного ископаемого, снижение удельного расхода энергии и повышение гранулометрического состава добываемой массы;
- повышение производительности комплексов и степени извлечения полезного ископаемого из недр земли;
- снижение энергонапряженности процесса в активной зоне обработки забоя и повышение безопасности работ в комплексно-механизированных очистных забоях горных предприятий.

Список литературы

1. Габов В.В., Задков Д.А., Лыков Ю.В., Кустриков Э.В. Оценка производительности фронтальных модульных комплексов избирательного действия // Горный информационно-аналитический бюллетень, М.: 2014, №10, С. 129-133. 1
2. 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. Воркута-Сыктывкар-Ухта: 2011. Т.20, №1. – С.59-63. 4
3. Габов В.В., Тужиков В.Ф., Задков Д.А. Классификация способов отделения угля от массива выемочными модулями // Горный информационный аналитический бюллетень / МГГУ. М.: 2003. Т.6. С.147-150. 6
4. Графов Л.Л., Кидерман А.Д., Киклевич Ю.Н. и др. Перспективы безлюдной выемки угля на основе роботизации: Обзор / ЦНИЭИуголь. – 1983. □ 66 с. 3
5. 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
6. А.с. SU. 1493793 СССР, МКИ E21C 27/00. Выемочный фронтальный агрегат / В.В. Габов, Э.А. Загривный, Г.И. Коршунов, С.П. Гонтарь (СССР). Заяв. 02.03.87; опубл. 15.07.89; Бюл. №26. 5

Рецензенты:

Тимофеев И.П., профессор кафедры Машиностроения, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»», г. Санкт-Петербург;

Александров В.И., заведующий кафедрой Горных транспортных машин, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального

образования «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»», г. Санкт-Петербург.