

УДК 622.063.2

Амелин В.А., магистр,
Войтович Т.Г., аспирант
(ИГТМ НАН Украины),
Амелина Л.В., магистр
(Государственное ВУЗ «ДГАУ»),
Красовский И.С., магистр
(ИГТМ НАН Украины)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
КОМБАЙНОВОЙ ОТБОЙКИ ГИПСА В УСЛОВИЯХ
АНАСТАСОВО-ПОРЕЦКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Амелін В.А., магістр,
Войтович Т.Г., аспірант
(ІГТМ НАН України),
Амеліна Л.В., магістр
(Державний ВНЗ «ДДАУ»),
Красовський І.С., магістр
(ІГТМ НАН України)

**ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ
КОМБАЙНОВОГО ВІДБИВАННЯ ГІПСУ В УМОВАХ
АНАСТАСОВО-ПОРЕЦЬКОГО РОДОВИЩА**

Amelin V.A., M.S. (Tech.),
Vojtovich T.G., Doctoral Student,
(IGTM NAS of Ukraine)
Amelina L.V., M.S. (Tech.)
(State H E I «DSAY»)
Krasovskiy I.S., M.S. (Tech.)
(IGTM NAS of Ukraine)

**DETERMINATION OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS
FOR GYPSUM BREAKING BY A COMBINE IN THE
ANASTASOVO-PORETSKAYA DEPOSIT**

Аннотация. Исследование работы проходческого комбайна АМ-50 в условиях Порецкой гипсовой шахты проводилось с целью установления возможности эффективного использования комбайнов с рабочим органом избирательного действия при выемке гипса подземным способом, определения оптимальных режимов работы, эксплуатационных качеств, надежности и проверки работы режущего инструмента.

В процессе работы исследовано несколько вариантов обработки забоя при различной величине зарубки рабочего органа. При этом определены производительность комбайна при различных схемах обработки забоя, удельный расход энергии, гранулометрический состав отбитой горной массы и расход резцов.

В результате исследований установлена возможность применения комбайна избирательного действия при ведении горноподготовительных и очистных работ при разработке Анастасово-Порецкого месторождения гипса и ангидрита.

Полученные результаты используются для оптимизации технологических показателей горнодобывающих комбайнов при добыче гипса.

Ключевые слова: гипсовая шахта, комбайн, механическая отбойка, производительность, гранулометрический состав.

Анастасово-Порецкое месторождение гипса и ангидрита относится к крупным по запасам – порядка 120 млн. т. Глубина залегания полезного ископаемого составляет 40-80 м.

Отложения полезной толщи Анастасово-Порецкого месторождения представлены в основном гипсом, ангидритом и доломитом. По литолого-морфологическим особенностям полезная породная толща разделена на семь пластов: I, III, V и VII пласты представлены гипсом; II пласт – ангидритом; IV и VI пласты – доломитом. Рабочими пластами являются I и II.

Средняя мощность первого гипсового пласта составляет 16,3 м. Непосредственно над гипсовым пластом находится перекрывающий доломитовый казанский ярус. Контакт между доломитами и гипсом четкий. Доломитовый пласт мощностью 25-35 м тонкослойный трещиноватый и повсеместно водонаполненный. Воды в пласте не напорные, и, тем не менее, при отработке первого гипсового пласта в верхней его части предусмотрена защитная гипсовая пачка.

Гипсы I пласта преимущественно белые, серовато-белые, встречаются розоватые и зеленоватые разности. Структуры самые разнообразные: мелкокристаллические, пластинчатые, чешуйчатые, игольчатые, параллельно-волокнистые.

Второй пласт сложен ангидритами голубыми, голубовато-серыми, серовато-голубыми и светло-серыми, тонкокристаллическими, плотными, массивными, очень крепкими. Среднее значение мощности II пласта – 9,8 м.

Месторождение характеризуется сложными гидрогеологическими условиями в связи с наличием в продуктивных толщах водоносных горизонтов.

Для отработки Анастасово-Порецкого месторождения принята камерно-столбовая система разработки с формированием охранных междукамерных ленточных целиков и защитной пачки в верхней части пласта гипса. Основным ее назначением является удержание веса вышеналегающих слабых пород. Другая задача, решаемая оставлением гипсовой пачки в потолочине камер – это предотвращение прорыва воды в подземное пространство шахты. Используется особенность гипса, заключающаяся в том, что при отсутствии трещин он является хорошим водупором. Третья задача – это необходимость длительного поддержания выработанного пространства для повторного использования отработанных камер в различных целях. С учетом комплекса решаемых задач мощность защитной пачки гипса составляет 5 м [1, 2].

До недавнего времени в мировой практике при камерно-столбовой системе разработки гипсовых месторождений, в основном, был распространен буровзрывной способ отбойки.

К недостаткам этой технологии следует отнести, прежде всего, сейсмическое воздействие взрывных работ на окружающий выработку породный массив, что при условии наличия в кровле или почве пласта гипса водоносных горизонтов создает опасность прорыва воды в подземное пространство шахты, иногда с катастрофическими последствиями.

Недостатки, связанные с буровзрывной отбойкой, можно устранить, применяя механическое разрушение гипса с использованием комбайновой (машинной) технологии. Это позволяет повысить устойчивость выработок, увеличить полноту извлечения запасов, исключить вторичное дробление и обеспечить более высокую эффективность горного производства путем адаптации технологических показателей машинной отбойки гипса к горногеологическим условиям разрабатываемого месторождения. Основным из них: производительность комбайна, удельный расход электроэнергии, гранулометрический состав горной массы, расход режущего инструмента.

На Анастасово-Порецком месторождении гипса в качестве основной технологической машины во время строительства и в начальный период эксплуатации рудника было запланировано применение комбайна АМ-50.

Проходческий комбайн АМ-50 (фирма Вест-Альпине) предназначен для проведения подготовительных выработок сечением до 22 м² по породам с пределом прочности до 80 МПа и абразивностью до 15 мг. Угол наклона выработки – до ±12 градусов. Исполнительный орган – стреловидный (с двумя коронками), избирательного действия с комбинированной схемой разрушения.

Исследование работы проходческого комбайна АМ-50 в условиях Анастасово-Порецкой гипсовой шахты проводилось с целью установления возможности эффективного использования комбайнов с рабочим органом избирательного действия при выемке гипса подземным способом, определения оптимальных режимов работы, эксплуатационных качеств, надежности и проверки работы режущего инструмента.

Во время проведения испытаний имела место большая вариация производительности комбайна, которая зависит от нескольких факторов, основными из которых являются крепость пород, схема обработки забоя и профессионализм комбайнеров.

Результаты измерений производительности комбайна и энергозатрат приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Усредненные технологические показатели комбайновой отбойки гипса

Направление обработки забоя	Потребляемая мощность, кВт	Производительность, т/мин	Удельный расход энергии кВт*ч/т	Коэффициент загрузки двигателя	
				наибольший	нормальный
Зарубка	80	0,63	2,1	1,34	0,84
Влево	78	0,59	2,1	1,16	0,82
Вправо	71	0,78	1,5	1,25	0,76
Вверх	92	0,74	2,2	1,44	0,96
Вниз	70	0,69	1,8	1,42	0,74

Диаграммы, характеризующие в качественном плане эффективность работы комбайна при различных направлениях движения рабочего органа, представлены на рис. 1. Пунктиром выделено наименьшее значение параметра.

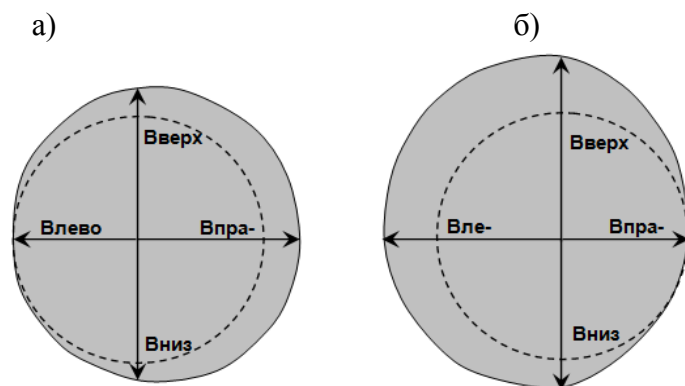


Рисунок 1 – Диаграммы эффективности работы комбайна при различных направлениях движения рабочего органа: а) производительность; б) удельные энергозатраты

Из табл. 1 видно, что производительность комбайна изменяется в пределах от 0,59 до 0,78 т/мин при среднем значении 0,69 т/мин. При этом средний коэффициент нагрузки двигателя составил 0,80. Таким образом, при штатном режущем инструменте производительность комбайна при отбойке гипса ниже его технической производительности на 10-15 %.

В процессе исследований, было апробировано несколько схем обработки забоя (вертикальными горизонтальными слоями) при различной величине зарубки рабочего органа.

Установлено, что наиболее целесообразно выполнять вруб в области почвы выработки и продвигаться вверх к груди забоя, так как при такой технологии обеспечивается максимальная устойчивость комбайна.

Наиболее стабильная работа комбайна наблюдается при отработке не горизонтальными слоями, а вертикальными снизу вверх. В этом случае комбайн более устойчив и поломка резцов меньше. Удельный расход энергии также изменяется в большом диапазоне от 1,0 до 2,8 кВт*ч/т и в среднем составляет 1,8 кВт*ч/т. Снижение удельного расхода энергозатрат может быть достигнуто изменением количества, формы и расстановки режущего инструмента. Коэффициент машинного времени не превышал 0,3 [2].

Фракционный состав отбитой горной массы определялся методом ситового анализа. Доля фрагментов размером 0 – 5 мм составила 45,3 %, что на 15,3 % превышает требования ГОСТа 4013-82. Гранулометрический состав горной массы приведен в табл. 2.

Следовательно, очевидной является необходимость выполнения работ по улучшению фракции добытого полезного ископаемого. Это может быть достигнуто оптимизацией:

- а) технологии отбойки;
- б) выбора типа режущего инструмента;
- в) схемы расстановки резцов;
- г) шага резания.

Таблица 2 – Гранулометрический состав горной массы, отбитой комбайном АМ-50

Вес просеиваемой пробы, кг	Содержание фракций, %				
	Размер фракций, мм				
	0-5	5-10	10-20	20-40	>40
155	61,4	8,4	10,9	11,7	7,6
160	57,2	9,2	12,5	14,0	7,1
158	56,4	9,1	11,5	14,7	8,3
152	27,7	11,2	13,9	25,8	21,4
154	22,7	11,2	23,8	27,8	19,5
779	45,3	9,8	13,5	18,7	12,7

Интегральным показателем работы режущего инструмента является удельный расход резцов или наработки отбитой горной массы на резец. Во время испытаний работы комбайна было испытано три типа резцов: штатные – типа АМ, РШ 38, а также резцы РКС-2.

Как показали выполненные исследования, для условий Порецкой гипсовой шахты, наработка на один резец составляла от 3.7 до 47 т (табл. 3).

Таблица 3 – Объем наработки горной массы на один резец

Тип резцов	Отбитая горная масса, м ³	Расход резцов, шт.	Нарработка на один резец, т
Штатные резцы АМ-50	1230	334	3,7
РШ-38	3375	85	39,7
РКС-2	3667	78	47,0

Наблюдения за работой комбайна показали, что при принятой схеме обработки забоя отсутствует вращение резцов в резцедержателях. При работе штатными резцами выкрашивание и излом твердосплавной вставки происходил в 95% случаев от общего количества разрушенных резцов. При работе отечественными резцами в основной массе происходит истирание твердосплавной вставки [3-8].

К основным причинам разрушения резцов можно отнести следующее:

а) значительный вылет рабочей части твердосплавной вставки на резце, превышающий аналог отечественных образцов, устойчиво работающих по гипсу (для резца из комплекта комбайна АМ-50–18,0 мм, для резцов РШ-38 и РКС-2 соответственно 13,0 и 9,0 мм;

б) заштыбовка гипсом резцов в резцедержателях;

в) динамические колебания стрелы комбайна, приводящей к чрезмерной глубине реза и переходу режима резания гипса в заблокированный с высокой точечной нагрузкой на резец;

г) завышенная скорость бокового поворота режущей головки в горизонтальной плоскости;

д) влияние включений более прочных пород.

Во второй сбоечной выработке вскрыт пласт ангидрита мощностью 1,2 м. За

одну смену было разрушено 47 резцов и работы в этом забое пришлось временно приостановить.

На данном этапе исследований для повышения эффективности работы комбайна АМ-50 по отбойке гипса было рекомендовано:

а) уменьшить скорость поворота исполнительного органа (при отработке забоя горизонтальными заходками) до 0,10– 0,15 м/с;

б) апробировать технологическую схему обработки забоя вертикальными слоями (снизу вверх);

в) провести экспериментальную отбойку гипса резцами с укороченной твердосплавной вставкой;

г) для увеличения (в процентном отношении) крупной фракции гипсовой массы, отбитой комбайном, возможно использование резцов, применяемых на комбайне «Виртген-2100VC» (карьерный комбайн), которые обеспечивают наработку на резец до 100 м³, при выходе фракции 0–10 мм до 20% и фракции более 40 мм до 30% [9-10].

Выводы.

1. На примере Анастасово-Порецкого месторождения экспериментально подтверждена возможность работы комбайна АМ-50 для добычи гипса.

2. Установлено, что наиболее эффективной является работа комбайна с перемещением рабочего органа в направлении слева направо.

3. В процессе отбойки происходит переизмельчение горной массы, что может быть устранено подбором резцов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Усаченко, Б.М. Комплексная оценка физико-механических свойств пород Анастасово-Порецкого месторождения / Б.М. Усаченко, В.И. Татарчук, В.Н.Сергиенко // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць / ІГТМ НАН України. - Дніпропетровськ, 2000. – Вып. 23. – С. 57 – 64.

2. Татарчук, В.И. Горно-технологические решения отработки Анастасово-Порецкого месторождения, призванные обеспечить конкурентноспособность продукции / В.И. Татарчук, Б.М. Усаченко // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць / ІГТМ НАН України. - Дніпропетровськ, 2001. – Вып. 29. – С. 146 – 152.

3. Пономаренко, П.И. Определение потерь гипсоносных пород при отработке и подготовке подземных камер в мощных пластах гипса / П.И. Пономаренко, В.А. Амелин, Р.Б. Лесовицкая // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць / ІГТМ НАН України. - Дніпропетровськ, 2006. – Вып. 61. – С. 49 – 57.

4. Усаченко, Б.М. Геомеханика подземной добычи гипса / Б.М. Усаченко. - Киев: Наук. думка. – 1985. – 316 с.

5. Кожушный, В.Д. Оценка эффективности разрушения гипсоносных пород при применении комбайнов и баровых пил для получения блоков / В.Д. Кожушный, В.Н. Трипольский // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць / ІГТМ НАН України. - Дніпропетровськ, 2000.- Вып. 23. – С. 107 – 111.

6. Лесовицкая, Р.Б. Совершенствование комбайновой выемки мощного гипсового пласта с целевой подготовкой камер для повторного использования / Р.Б. Лесовицкая, В.Н. Трипольский // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць / ІГТМ НАН України. - Дніпропетровськ, 2009. – Вып. 83. – С. 174 – 179.

7. Лесовицкая, Р.Б. Эмпирио-аналитическая оценка сопротивляемости резанию природного гипса как основы выбора способа его разрушения / Р.Б. Лесовицкая, Н.Т. Бобро // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць / ІГТМ НАН України. - Дніпропетровськ, 2002. – Вып. 40. – С. 296 – 301.

8. Лесовицкая, Р.Б. Методические аспекты определения абразивности горных пород / Р.Б. Лесовицкая, Н.Т. Бобро // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць / ІГТМ НАН України. - Дніпропетровськ, 2006. – Вып. 66. – С. 142 – 148.

9. Саламаский, В.Н. Комбинированная технология подземной выемки камерного запаса при разработке месторождений гипса / В.Н. Саламаский // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць / ІГТМ НАН України. - Дніпропетровськ, 2002. – Вып. 40. – С. 110 – 114.

10. Пономаренко, П.И. Шахтостроительные решения целевой подготовки выработанных пространств в процессе добычи природного гипса / П.И. Пономаренко, Р.Б. Лесовицкая // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць / ІГТМ НАН України. - Дніпропетровськ, 2004. – Вып. 51. – С. 24 – 31.

REFERENCES

1. Usachenko, B.M., Tatarchuk V.I. and Sergienko, V.N. (2000), "Comprehensive assessment of the physical and mechanical properties of rocks Anastasovo-Poretsky deposit", *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geo-Technical Mechanics]. no. 23, pp. 57-64.

2. Tatarchuk V.I. and Usachenko B.M. (2001), "Mining and technological solutioning Anastasovo-Poretsky deposit to ensure the competitiveness of products", *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geo-Technical Mechanics]. no. 29, pp. 146-152.

3. Ponomarenko, P.I., Amelin V.A. and Lesovickya, R.B. (2006), "Gypsum rocks loss definition on execution and preparation of underground cells in thick gypsum beds", *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geo-Technical Mechanics]. no. 61, pp. 49-57.

4. Usachenko, B.M. (1985), *Geomekhanika podzemnoy dobychi gipsa* [Geomechanics underground mining of gypsum], Naukova dumka, Kiev. Ukraine.

5. Kogushney, V.D. and Tripolskiy, V.N. (2000), "Evaluating the effectiveness of gypsum rock fracture when used harvesters and barovon saws for blocks", *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geo-Technical Mechanics]. no. 23, pp. 107-111.

6. Lesovickya, R.B. and Tripolskiy, V.N. (2009), "Improvement of combine excavation of thick gypsum seam with target preparation for reusability", *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geo-Technical Mechanics]. no. 83, pp. 174-179.

7. Lesovickya, R.B. and Bobro, N.T. (2002), "Empiric-analytical estimate of cutting resistance of natural gypsum as option base of its rupture method", *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geo-Technical Mechanics]. no. 40, pp. 296-301.

8. Lesovickya, R.B. and Bobro, N.T. (2006), "Metodical aspects of the determine of the rock's abrasive", *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geo-Technical Mechanics]. no. 66, pp. 142-148.

9. Salamaskiy, V.N. (2002), "The combined technology of the underground excavation of the gypsum resource with a heading-and-stall method", *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geo-Technical Mechanics]. no. 40, pp. 110-114.

10. Ponomarenko, P.I. and Lesovickya, R.B. (2004), "Excavated volumes specific-purpose opening-up mine construction solutions in process of gypsum extraction", *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geo-Technical Mechanics]. no. 51, pp. 24-31.

Об авторах

Амелин Владимир Анатольевич, магистр, ведущий специалист в отделе механики горных пород, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина, gips5@ua.fm.

Войтович Татьяна Геннадьевна, аспирант в отделе механики горных пород, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина, vojtovich.leonid@yandex.ru.

Амелина Лариса Владимировна, магистр, ассистент, Агроуниверситет, Днепропетровск, Украина, gips5@ua.fm.

Красовский Игорь Святославович, магистр, инженер в отделе механики горных пород, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина, i.s.krasovskiy@gmail.com.

About the authors

Amelin Vladimir Anatolievich, Master of Science, Principal Specialist in Rock Mechanics Department, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, gips5@ua.fm.

Vojtovich Tatiana Gennadiyevna, Doctoral Student in the Department in Rock Mechanics Department, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, vojtovich.leonid@yandex.ru.

Amelina Larisa Vladimirovna, Master of Science, assistant, Agrarian University, Dnepropetrovsk, Ukraine, gips5@ua.fm.

Krasovskiy Igor Svyatoslavovich, Master of Science, Engineer in Rock Mechanics Department, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, i.s.krasovskiy@gmail.com.

Анотація. Дослідження роботи прохідницького комбайна АМ-50 в умовах Порецької гіпсової шахти проводилося з метою встановлення можливості ефективного використання комбайнів з робочим органом вибіркової дії при виїмці гіпсу підземним способом, визначення оптимальних режимів роботи, експлуатаційних якостей, надійності та перевірки роботи різального інструменту.

У процесі роботи досліджено кілька варіантів обробки вибою при різній величині зарубки робочого органу. При цьому визначені продуктивність комбайна при різних схемах обробки вибою, питома витрата енергії, гранулометричний склад відбитої гірської маси і витрата різців.

У результаті досліджень встановлено можливість застосування комбайна вибіркової дії при веденні гірничопідготовчих і очисних робіт при розробці Анастасово-Порецького родовища гіпсу й ангідриту.

Отримані результати використовуються для оптимізації технологічних показників гірничодобувних комбайнів при видобутку гіпсу.

Ключові слова: гіпсова шахта, комбайн, механічне відбивання, продуктивність, гранулометричний склад.

Abstract. Operation of the AM-50 heading machine was studied in conditions of the Poretskaya gypsum mine in order to explore a possibility to use combines with working organ of selective action for underground gypsum extracting, determine optimal modes of the combine operation, its functional quality and reliability, and to test operation of the cutting tool.

In the process of the work, several methods of the face mining were investigated at different depths of the working body cutting. With this combine, productivity at different mining schemes, specific power consumption, particle size distribution in the broken rock mass and cutting tools consumption were determined.

Basing on the findings it is stated that combines of selective action can be used for mining and winning operations while developing the Anastasovo-Poretsky fields of gypsum and anhydrite.

The findings are to be used for optimizing technological parameters of the mining combines at the gypsum extraction

Keywords: gypsum mine, combine, mechanical breaking, productivity, particle size distribution.

Статья поступила в редакцию 22.07.2015

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук С.П. Минеевым