

DOI: 10.26730/1999-4125-2021-6-76-84

УДК 622.271.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕЗВЗРЫВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МРАМОРА

Валиев Нияз Гадым Оглы¹,
доктор техн. наук, зав. кафедрой, профессор, arefevsa@yandex.ru
Сандригайло Игорь Николаевич¹,
канд. техн. наук, доцент
Арефьев Степан Александрович¹,
канд. техн. наук, доцент
Чеботарев Сергей Иванович²,
первый заместитель генерального директора

¹Уральский государственный горный университет, 620144, Россия, г. Екатеринбург,
ул. Куйбышева, 30

²ЗАО «Коелгамрамор», 456576, Россия, Челябинская область, Еткульский район,
с. Коелга, ул. Промышленная, корп. 1



Информация о статье

Поступила:

05 октября 2021 г.

Рецензирование:

30 ноября 2021 г.

Принята к печати:

05 декабря 2021 г.

Ключевые слова:

Безвзрывная технология,
месторождения мрамора,
карьерный комбайн, скорость
при фрезеровании, глубина
фрезерования,
производительность, схемы
работы, колесный погрузчик,
конвейер, самоходный скрепер.

Аннотация.

Сегодня на многих горнодобывающих предприятиях России, Австралии, Германии, Индии, Канады, Китая, США, Японии и ряда других стран мира эксплуатируются карьерные комбайны, осуществляющие разрушение горных пород без использования буровзрывных работ. Применение безвзрывной технологии на месторождениях мрамора позволит предотвратить разрушение продуктивного массива горных пород, разрабатываемых на блоки.

В связи с этим целесообразно рассмотреть возможность использования комбайнов при разработке месторождений мрамора для обеспечения сырьем производства сухих строительных смесей, шпаклевки, лакокрасочных изделий, буровых растворов.

В 2020 году на крупнейшем в России Коелгинском месторождении мрамора были проведены работы с использованием карьерного комбайна фирмы «Vermeer» модели T1255. В результате измерений, выполненных на различных участках карьера, были определены наиболее целесообразные режимы работы при фрезеровании горных пород. Рациональная глубина фрезерования составила 0,1-0,35 м, а рабочая скорость комбайна при фрезеровании – 2-4,5 м/мин. Получена зависимость эффективной производительности комбайна Vermeer T1255 от основных определяющих факторов: скорости движения при фрезеровании, глубины фрезерования и длины обрабатываемого участка. Предложены схемы работы карьерного комбайна в комплексе с колесным погрузчиком, конвейером, а также самоходным скрепером.

Для цитирования Валиев Н.Г.О., Сандригайло И.Н., Арефьев С.А., Чеботарев С.И. Использование безвзрывной технологии при разработке месторождений мрамора // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2021. – № 6 (148). – С. 76-84 – DOI: 10.26730/1999-4125-2021-6-76-84

Введение

Сегодня при добыче мрамора для производства микрокальцита, буровых растворов, сухих строительных смесей, шпаклевки, лакокрасочных изделий часто используются буровзрывные работы. В

Таблица 1. Свойства мрамора некоторых месторождений России
 Table 1. Properties of marble from some deposits in Russia

Месторождение	Плотность, т/м ³	Предел прочности при сжатии, МПа	Водопоглощение, %
Верхне-Макаровское	2,66	58	0,27
Граматушинское	2,70	60	0,19
Еленинское	2,70	73	0,19
Кафэ	2,72	50,5	0,32
Колюткинское	2,69	70	0,18
Лысогорское	2,67	68	0,20
Мраморское	2,65	50	0,28
Полевское	2,69	75	0,12
Полоцкое	2,66	60	0,21
Уфалейское (Нижне-Шелеинское)	2,72	62	0,50
Шабровское	2,67	57	0,35



Рис. 1. Комбайн Vermeer T1255 на Коелгинском месторождении мрамора
 Fig. 1. Vermeer T1255 combine harvester at the Koelginsky marble deposit

то же время на соседних участках месторождения может осуществляться добыча блоков, а значит, должно быть исключено появление вторичной трещиноватости. При проведении взрывов появляется опасность разрушения продуктивного массива горных пород, разрабатываемых с целью производства облицовочных материалов и архитектурных деталей. В связи с этим требуется внедрение оборудования, позволяющего осуществлять добычу больших объемов мрамора без применения буровзрывных работ.

В качестве такого оборудования можно использовать карьерные комбайны. Лидерами в их производстве являются фирмы «Wirtgen», «Vermeer» и «Тепова». Их комбайны используются при открытой разработке месторождений как в России, так и в Австралии, Австрии, Бразилии, Гвинее, Германии, Индии, Канаде, Китае, США, Узбекистане, Японии и ряде других стран [1-16].

Важной особенностью карьерных комбайнов является способность разрушать горные породы без применения буровзрывных работ. Благодаря этому отсутствует воздействие взрывной волны на

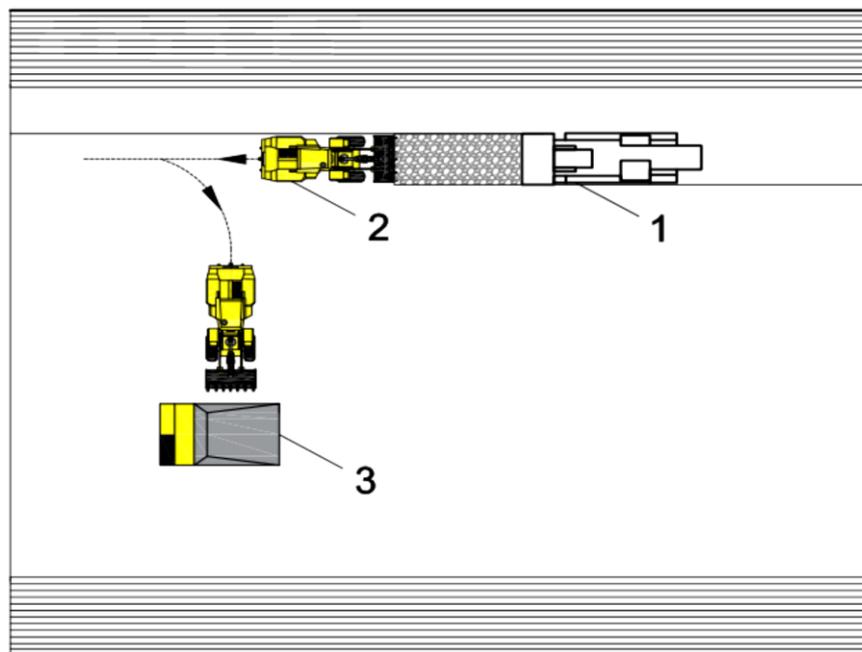


Рис. 2. Схема работы комбайна Vermeer T1255 (1) в комплексе с колесным погрузчиком (2) и автосамосвалом (3)

Fig. 2. Scheme of operation of the Vermeer T1255 combine harvester (1) in combination with a wheel loader (2) and a dump truck (3)

близлежащие здания и сооружения, а также не происходит образование новых трещин в массиве. Кроме того, исключается необходимость в крупном и среднем дроблении добытого полезного ископаемого.

У большинства моделей комбайнов фирм «Wirtgen» и «Тепова» имеется погрузочный конвейер, с помощью которого они могут осуществлять погрузку разрушенной горной массы в транспортные средства. Комбайны фирмы «Vermeer» не имеют погрузочного конвейера и поэтому могут использоваться только для разрушения горной породы (в связи с этим их еще называют фрезерными машинами) [17-20]. Для погрузки разрушенной горной массы в этом случае необходимо применять дополнительное погрузочное оборудование (как правило, колесный погрузчик). Однако, несмотря на необходимость затрат, связанных с его покупкой и эксплуатацией, использование комбайнов, не имеющих погрузочного конвейера, может быть предпочтительнее. Это связано с тем, что при их использовании исключаются потери времени, вызванные необходимостью простоев комбайна из-за отсутствия автосамосвалов, достигающие 15-20% от длительности смены. При движении комбайна «Vermeer» вперед фреза вращается и закрепленные на ней резцы внедряются в породу сверху вниз. В результате достигается эффективное разрушение горной массы без выламывания крупных кусков. Двухгусеничная тележка обеспечивает высокую маневренность, что весьма важно в стесненных условиях карьеров, добывающих мрамор.

Экспериментальная часть

Для определения возможности использования карьерных комбайнов фирмы «Vermeer» при разработке месторождений мрамора было необходимо проведение экспериментальных работ на действующем горном предприятии. Известно, что мрамор является одной из самых распространенных метаморфических пород и структура его главным образом зависит от условий образования. Основным минералом мрамора является кальцит (CaCO_3). Также присутствуют другие минералы, появление которых обусловлено составом исходной породы или процессами ее метаморфизма. Химический состав мрамора, его физические свойства, а также химический состав различных включений и образований влияет на выбор оборудования, используемого для добычи, а также на производительность горных машин и износ их рабочих органов.

Большое влияние на потенциальную возможность использования карьерных комбайнов при разработке месторождений, а также на их производительность оказывает такой показатель, как предел прочности при сжатии. Среднее значение его на месторождениях мрамора России приведено в табл. 1.

Помимо прочности при сжатии, на производительность комбайнов оказывают влияние такие факторы, как трещиноватость, содержание кварца, средний размер зерен в породе, наличие прожилок и другие.

Крупнейшим из разрабатываемых сегодня в России месторождений мрамора, является Коелгинское месторождение, расположенное в 65 км южнее г. Челябинска. По минералогическому составу мрамор

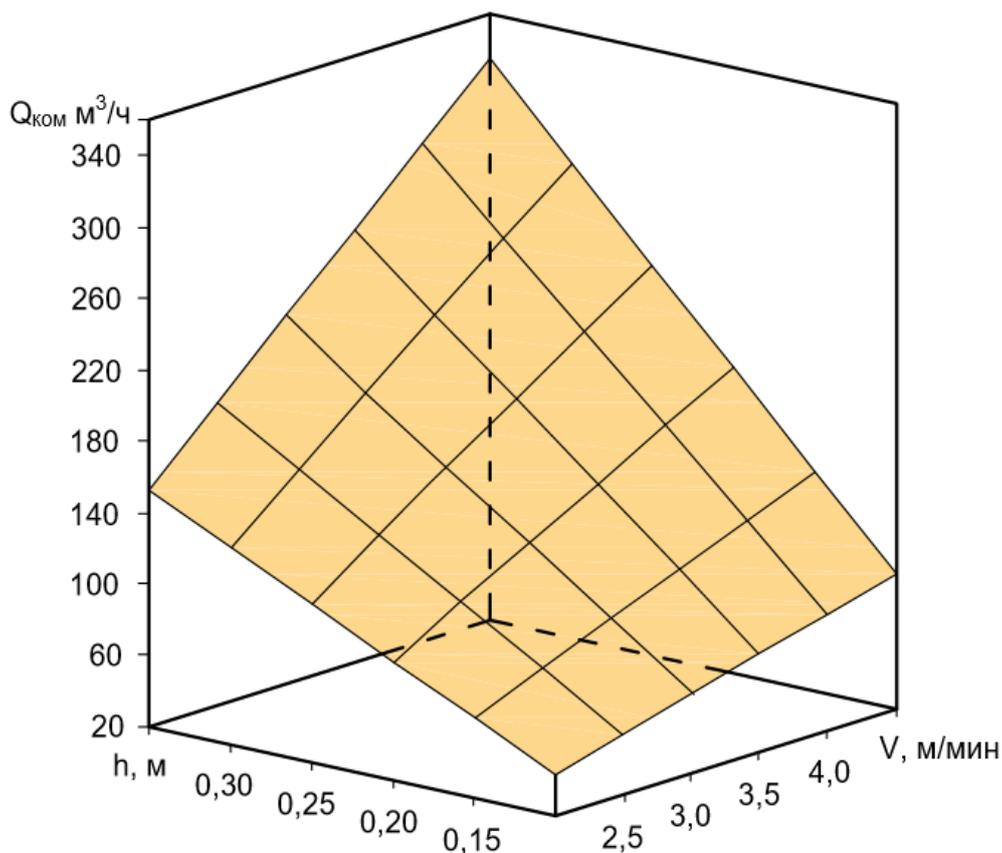


Рис. 3. Зависимость производительности ($Q_{ком}$, $м^3/ч$) комбайна Vermeer T1255 от скорости движения (V , $м/мин$) и глубины фрезерования (h , $м$) на месторождении мрамора

Fig. 3. The dependence of the productivity ($Q_{ком}$, $м^3/ч$) of the Vermeer T1255 combine on the speed of movement (V , $м/мин$) and the milling depth (h , $м$) at the marble deposit

этого месторождения относится к мономинеральным породам, на 96,4-100% состоящим из кальцита. Кроме основного породообразующего минерала, в нем выявлены следующие минералы-примеси: пирит, магнетит, гидроокислы железа, реже – флюорит, доломит, гематит, кварц; в виде единичных чешуек – фуксит, мусковит, серицит. Минералы- примеси развиваются в виде изометричных зерен размером до 0,1 мм. Среднее количество их составляет немногим более 1%, достигая в некоторых частях мраморной толщи 3,62 %.

С целью экспериментальной проверки возможности использования карьерного комбайна фирмы «Vermeer» модели T1255 для разрушения мрамора он был доставлен в 2020 году на Коелгинское месторождение (Рис. 1).

Машины этой модели хорошо зарекомендовали себя при разрушении гипса и ангидрида на карьере в Германии, на месторождении карбонатных пород в Великобритании, при добыче сланцев в Эстонии, на строительстве и реконструкции аэродромов и автодорог в США, Египте, Португалии. В России их успешно применяли в Краснодарском крае и Кабардино-Балкарии [17-20].

На Коелгинском месторождении мрамора комбайн Vermeer T1255 работал на различных участках с пределом прочности пород при сжатии 40-65 МПа, 30-50 МПа и 10-30 МПа.

С целью определения режимов, при которых достигается наибольшая эффективность работ, глубина фрезерования изменялась в ходе экспериментов от 0,1 до 0,4 м, а рабочая скорость комбайна при фрезеровании – от 2 до 5 м/мин.

Ширина полосы, обрабатываемой за один проход по участку, составляла 3,7 м.

Разрушенная комбайном горная масса загружалась в автосамосвалы колесным погрузчиком. Схема работы комплекса «комбайн-погрузчик-автосамосвал» приведена на рис. 2.

Результаты исследований

В ходе работ, проведенных на Коелгинском месторождении мрамора, было установлено, что

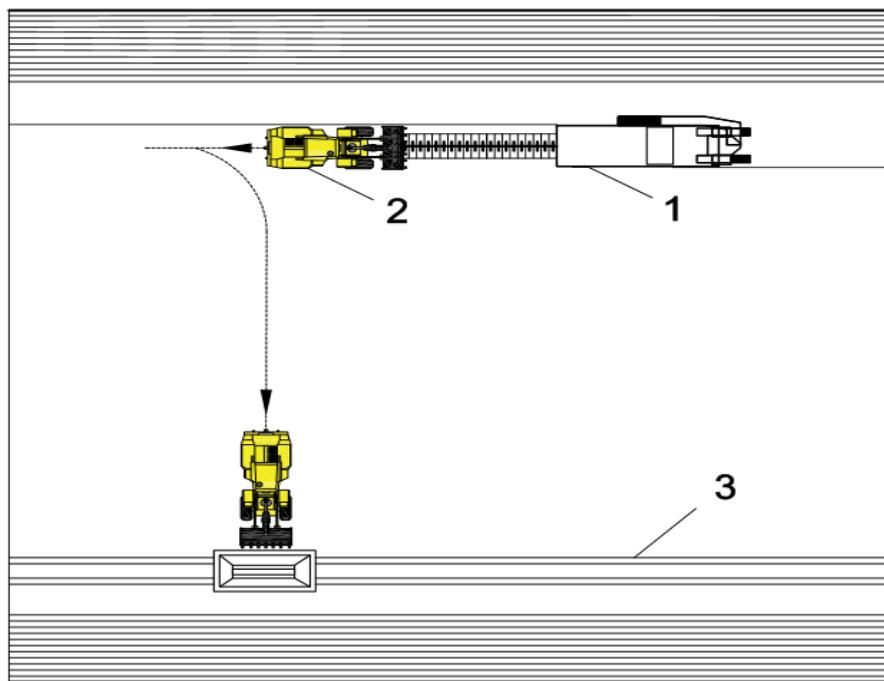


Рис. 4. Схема работы комбайна (1) в комплексе с погрузчиком (2) и конвейером (3)

Fig. 4. The scheme of operation of the combine harvester (1) in combination with a loader (2) and a conveyor (3)

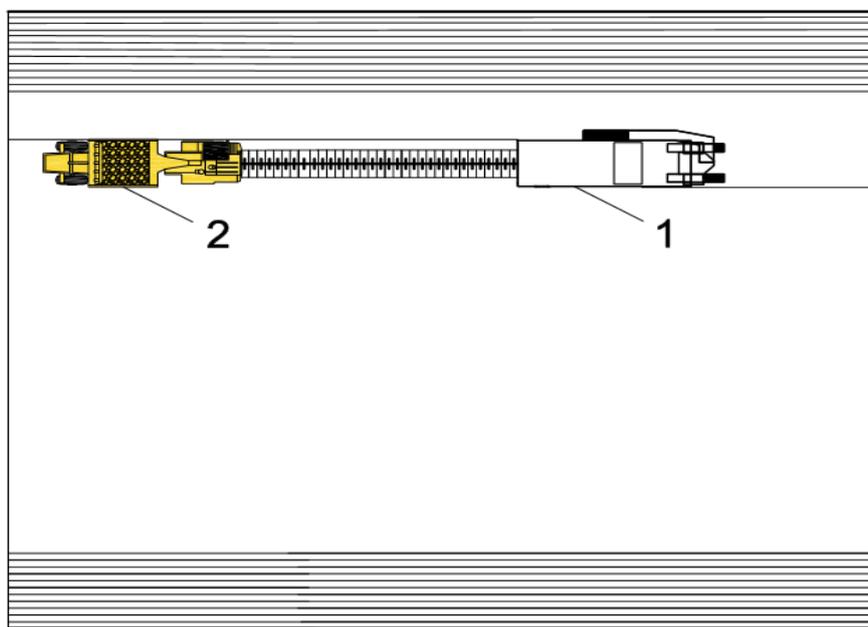


Рис. 5. Схема работы комбайна (1) в комплексе с самоходным скрепером (2)

Fig. 5. The scheme of operation of the combine harvester (1) in combination with a self-propelled scraper (2)

рациональная глубина фрезерования составляет 0,1-0,35 м, а рабочая скорость комбайна при фрезеровании – 2-4,5 м/мин. Увеличение глубины фрезерования и скорости сверх этих значений приводит к существенному повышению вибрации.

Обработка результатов экспериментов позволила получить зависимость эффективной производительности ($Q_{ком}$, м³/ч) комбайна Vermeer T1255 от основных определяющих факторов: скорости движения комбайна при фрезеровании (V , м/мин), глубины фрезерования (h , м) и длины обрабатываемого

участка (L , м):

$$Q_{\text{ком}} = 174,94 \cdot V^{0,964} h^{0,998} L^{0,042}$$

Коэффициент корреляции для данной зависимости составляет 0,991. Она получена для установленных в ходе экспериментов наиболее целесообразных режимов работы комбайна.

Зависимость производительности комбайна Vermeer T1255 от рабочей скорости движения и глубины фрезерования на месторождении мрамора приведена на рис. 3.

Анализ показал, что применение для погрузки разрушенной породы колесного погрузчика позволило исключить простои комбайна, связанные с ожиданием автосамосвалов, и повысить его производительность.

На эффективность такой схемы указывает то, что она широко используется на горных предприятиях Австралии, Индии, Китая, Мексики, России, США. Так как интерес горных предприятий к ее применению в последние годы увеличивается, фирма Wirtgen создала несколько новых моделей комбайнов, не имеющих погрузочного конвейера (модели 220 SM, 220 SM 3.8, 2500 SM Vario). Эти комбайны разрушают горную массу и складировывают ее за собой в штабель.

В связи с ростом объемов добычи и необходимостью повышения эффективности разработки месторождения в ряде случаев целесообразно использовать для транспортирования разрушенной горной массы на склад ленточный конвейер. При этой схеме работы погрузку горной массы на конвейер также осуществляет колесный погрузчик. Он не только производит выемку горной массы, но и транспортирует ее к месту погрузки (рис. 4). Благодаря этому нет необходимости в частых передвижках конвейера и появляется возможность обеспечить большую ширину рабочей площадки.

Комплекс «карьерный комбайн-самоходный скрепер» успешно работает на месторождении мела в Кувроте во Франции. Компания Heidelberg Cement Group использует там комбайн фирмы Wirtgen модели 220 SMi 3.8 для рыхления мела с пределом прочности при сжатии 20-30 МПа. Глубина фрезерования составляет 20-30 см. Скорость движения комбайна 5-10 м/мин. Площадка, на которой работает комбайн, имеет размеры 300 на 40 метров. Разрушенная горная масса подбирается и транспортируется 3 самоходными скреперами на склад.

Схема, предусматривающая использование в комплексе с карьерным комбайном самоходного скрепера, требует меньших затрат и обладает большей гибкостью. Опыт показывает высокую эффективность разработки месторождения при ее применении.

Заключение

1. В результате проведенных исследований установлено, что применение комбайна Vermeer T1255 для разрушения пород на месторождениях мрамора возможно.

2. Определены рациональные режимы работы комбайна при добыче мрамора. Рациональная глубина фрезерования составляет 0,1-0,35 м, а рабочая скорость комбайна при фрезеровании – 2-4,5 м/мин. Установлено, что увеличение глубины фрезерования и скорости комбайна сверх этих значений приводит к существенному повышению вибрации.

3. Предложены схемы работы комбайна, не имеющего погрузочного конвейера, в комплексе с колесным погрузчиком, автосамосвалом, ленточным конвейером и скрепером.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Панкевич Ю. Б. Опыт применения горных комбайнов Wirtgen Surface Miner на угольных разрезах мира / Панкевич Ю.Б., Шимм Б., Дженге П. // Горная промышленность. 1999. № 3. С. 46-52.
2. Смагин В.П. Анализ использования комбайна Wirtgen 2200 SM при разработке сложноструктурных угольных пластов на разрезе «Черемховский» / Смагин В.П., Федорко П.В., Федорко Н.П. // Горная промышленность. 2015. № 2. С. 74-75.
3. Ермаков С.А. Оценка эффективности применения комбайнов Wirtgen на Эльгинском каменноугольном месторождении / Ермаков С.А., Иль А.П., Хосоев Д.В. // Горная промышленность. 2018. № 6. С. 77-79.
4. Пихлер М. Увеличение объемов добычи известняка в Украине с помощью карьерных комбайнов Wirtgen без применения буровзрывных работ / Пихлер М., Иль А.П., Линнеманн М. // Горная промышленность. 2019. № 2. С. 64-66.
5. Пихлер М. Комбайны Wirtgen Surface Miner на открытых горных работах: история развития, масштабы применения и перспективы расширения / Пихлер М., Панкевич Ю. Б. // Горная промышленность 2009. № 2. С.54-57
6. Горный комбайн Wirtgen Surface Miner 2500 SM на меловом карьере месторождения «Большевик» ОАО «Вольскцемент» / Пихлер М., Иль А.П., Панкевич Ю.Б., Панкевич М.Ю. // Горная промышленность 2011. № 5. С. 34-38.

7. Ввод в эксплуатацию комбайна Wirtgen 2200 SM на ОАО «Ковровское карьероуправление» / Пихлер М., Филиппов А.А., Панкевич Ю.Б., Панкевич М.Ю. // Горная промышленность. 2013. № 2. С. 19-22.
8. Пихлер М. Опыт добычи известняка комбайнами Wirtgen Surface Miner в Индии / Пихлер М., Панкевич Ю.Б. // Горная промышленность. 2003. № 3. С. 15-21.
9. Шемякин С. А. Экономическое обоснование эффективности безвзрывной селективной выемки полезного ископаемого и вмещающих пород с использованием технико-технологических комплексов на основе фрезерных комбайнов / Шемякин С.А., Матвеев Д.Н., Чебан А.Ю. // Горный журнал. 2015. № 2. С.43-46.
10. Pikhler M. Guskov V. Pankevich Y. Pankevich M. Wirtgen Surface Miner 2200SM pilot-industrial operation at the Dzhtgutinsky limestone open-pit mine // Russian Mining. 2005. № 3. pp. 19-23.
11. Dey K. Environmental Acceptability of Wirtgen Surface Miner for Indian Surface Coal Mines / Dey K., Pathak K., Sen P. // National Seminar on Mining in the New Millennium, 10 – 12 November 2000. Hyderabad. pp. 136-142.
12. Mohd Imran. Variation of production with time, cutting tool and fuel consumption of surface miner 2200 SM 3.8 // International Journal of Technical Research and Applications. Issue 01 January-February 2016. pp. 224-226.
13. Pradhan P. Rock cutting with surface miner: A computational approach / Pradhan P., Dey K. // Journal of Engineering and Technology Research. Vol.1 (6) September 2009. pp. 115-121.
14. Prakash A. Rock excavation using surface miners: An overview of some design and operational aspects / Prakash A., Murthy R.S. M.V, Singh B.K. // International Journal of Mining Science and Technology. 23. 2013. pp. 33-40.
15. Панкевич Ю.Б., Хартманн Г. Технологические схемы ведения горных работ при использовании комбайнов Wirtgen Surface Miner / Панкевич Ю.Б., Хартманн Г. // Горный журнал. 1995. № 6. С. 30-33.
16. Пихлер М. Технология и схемы ведения горных работ при использовании комбайнов 2100 и 2200SM фирмы Wirtgen GmbH / Пихлер М., Панкевич Ю.Б. // Горная промышленность. 2001. № 4. С. 13-16.
17. Кноте Т. Компания Vermeer освоила производство самой мощной карьерной выемочной машины // Горная промышленность. 2013. № 6. С.68.
18. Комбайны Vermeer для выемки скальных горных пород // Горная промышленность. 2007, № 6, С. 60-61.
19. Фрезерные машины Vermeer T1255 TL разрабатывают залежи селитры в пустыне Атакама // Горная промышленность. 2013. № 6. С.69-70.
20. Фризен А.П. Vermeer серии T1255 – универсальные машины для выполнения вскрышных и добычных работ в карьерах // Горная промышленность. 2012. № 3. С. 56-57.
21. Майминд В.Я. Применение мощных скреперов на зарубежных карьерах // Горный журнал. 1970. № 11. С. 73-75.
22. Майминд В.Я., Арсентьев А.И. Скреперные комплексы на открытых горных разработках / Майминд В.Я., Арсентьев А.И. – М. Недра. 1976. 204 с.
23. Трубецкой К.Н. Комплексы мобильного оборудования на открытых горных работах / Трубецкой К.Н., Леонов Е.Р., Панкевич Ю.Б. – М. Недра. 1990. – 255 с.
24. Якименко Д.В. Технология разработки месторождений с применением фрезерных машин и усовершенствованных скреперов // VII Международная научно-техническая конференция «Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений». Сборник докладов. Екатеринбург. Изд-во УГТУ. 2018. С. 182-186.
25. Шемякин С.А., Чебан А.Ю., Клигунов Е.С. Повышение эффективности послойно-полосовой технологии открытых горных работ с применением выемочных машин фрезерного типа и скреперов // Горный журнал. 2003. № 4-5. С. 48-50.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© 2021 Авторы. Издательство Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

DOI: 10.26730/1999-4125-2021-6-76-84

UDS 622.271.3

THE USE OF NON-EXPLOSIVE TECHNOLOGY IN THE DEVELOPMENT OF A MARBLE DEPOSIT

Valiev Niyaz Gadym Ogly¹,

Dr. Sc. in Engineering, Head of the Department, Professor, arefevsa@yandex.ru

Igor N.Sandrigailo¹,

C. Sc. in Engineering, Associate Professor

Stepan A. Arefyev¹,

C. Sc. in Engineering, Associate Professor

Sergey I.Chebotarev²,

First Deputy General Director

¹Ural State Mining University, 30 Kuibyshev str., Yekaterinburg, 620144, Russia

²CJSC "Koelgamramor", 456576, Russia, Chelyabinsk region, Etkulsky district, village of Koelga, Promyshlennaya str., bldg. 1



Article info

Received:

05 October 2021

Revised:

30 November 2021

Accepted:

05 December 2021

Keywords: Explosion-free technology, marble deposits, quarry harvester, milling speed, milling depth, productivity, working schemes, wheel loader, conveyor, self-propelled scraper.

Abstract.

Today, many mining enterprises in Russia, Australia, Germany, India, Canada, China, the USA, Japan and a number of other countries of the world use quarry combines that destroy rocks without the use of drilling and blasting operations. The use of explosion-free technology in marble deposits will prevent the destruction of a productive array of rocks developed for blocks.

In this regard, it is advisable to consider the possibility of using combines in the development of marble deposits to provide raw materials for the production of dry building mixes, putty, paint products, drilling fluids.

In 2020, work was carried out at the Koelginsky marble deposit, the largest in Russia, using a Vermeer mining combine of the T1255 model. As a result of measurements carried out at various sites of the quarry, the most appropriate operating modes for rock milling were determined. The rational milling depth was 0.1-0.35 m, and the working speed of the combine during milling was 2-4.5 m / min. The dependence of the effective productivity of the Vermeer T1255 combine harvester on the main determining factors is obtained: the speed of movement during milling, the depth of milling and the length of the worked area. The schemes of operation of a quarry combine in combination with a wheel loader, a conveyor, as well as a self-propelled scraper are proposed.

For citation Valiev N.G.O., Sandrigailo I.N., Arefyev S.A., Chebotarev S.I. Evaluation of the effectiveness of the use of non-electric initiation systems in controlling the seismic impact of explosions at coal mines. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*, 2021, no.6 (148), pp. 76-84. DOI: 10.26730/1999-4125-2021-6-76-84

REFERENCES

1. Pankevich Yu.B. Experience of using Wirtgen Surface Miner mining combines at the coal mines of the world / Pankevich Yu.B., Shimm B., Jenge P. // *Mining industry*. 1999. No. 3. pp. 46-52.
2. Smagin V.P. Analysis of the use of the Wirtgen 2200 SM combine harvester in the development of complex-structured coal seams at the Cheremkhovsky section / Smagin V. P., Fedorko P. V., Fedorko N. P. // *Mining Industry*. 2015. No. 2. pp. 74-75.
3. Ermakov S.A. Evaluation of the effectiveness of the use of Wirtgen combines at the Elginsky coal deposit / Ermakov S.A., Il A. , Khosoev D.V. // *Mining industry*. 2018. No. 6. pp. 77-79.

4. Pichler M. Increasing the volume of limestone production in Ukraine with the help of Wirtgen quarry combines without the use of drilling and blasting operations / Pichler M., Il A. P., Linnemann M. // Mining industry. 2019. No. 2. pp. 64-66.
5. Pichler M. Combines Wirtgen Surface Miner in open-pit mining: the history of development, scope of application and prospects for expansion / Pichler M., Pankevich Yu. B. // Mining Industry 2009. No. 2. pp. 54-57
6. Mining combine Wirtgen Surface Miner 2500 SM at the chalk quarry of the Bolshevik deposit of JSC Volskcement / Pichler M., Il A. P., Pankevich Yu.B., Pankevich M. Yu. // Mining Industry 2011. No. 5. pp. 34-38.
7. Commissioning of the Wirtgen 2200 SM combine harvester at JSC Kovrovskoye quarry Management / Pichler M., Filippov A.A., Pankevich Yu.B., Pankevich M. Yu. // Mining industry. 2013. No. 2. pp. 19-22.
8. Pichler M. Experience of limestone extraction by Wirtgen Surface Miner combines in India / Pichler M., Pankevich Yu.B. // Mining industry. 2003. No. 3. pp. 15-21.
9. Shemyakin S.A. Economic justification of the efficiency of non-explosive selective extraction of minerals and host rocks using technical and technological complexes based on milling combines / Shemyakin S.A., Matveev D.N., Cheban A.Yu. // Mining Journal. 2015. No. 2. pp. 43-46.
10. Pikhler M. Guskov V. Pankevich Y. Pankevich M. Wirtgen Surface Miner 2200 SM pilot-industrial operation at the Dzhtgutinsky limestone open-pit mine // Russian Mining. 2005. № 3. pp. 19-23.
11. Dey K. Environmental Acceptability of Wirtgen Surface Miner for Indian Surface Coal Mines / Dey K., Pathak K., Sen P. // National Seminar on Mining in the New Millennium, 10 – 12 November 2000. Hyderabad. pp. 136-142.
12. Mohd Imran. Variation of production with time, cutting tool and fuel consumption of surface miner 2200 SM 3.8 // International Journal of Technical Research and Applications. Ssue 01 january-feburary 2016. pp. 224-226.
13. Pradhan P. Rock cutting with surface miner: A computational approach / Pradhan P., Dey K. // Journal of Engineering and Technology Research. Vol.1 (6) September 2009. pp. 115-121.
14. Prakash A. Rock excavation using surface miners: An overview of some design and operational aspects / Prakash A., Murthy R.S. M.V, Singh B.K. // International Journal of Mining Science and Technology. 23. 2013. pp. 33-40.
15. Pankevich Yu.B., Hartmann G. Technological schemes of mining operations when using Wirtgen Surface Miner combines / Pankevich Yu.B., Hartmann G. // Mining Journal. 1995. No. 6. pp. 30-33.
16. Pichler M. Technology and schemes of mining operations when using combines 2100 and 2200 SM of the Wirtgeng GmbH company / Pichler M., Pankevich Yu.B. // Mining industry. 2001. No. 4. pp. 13-16.
17. Knot T. The Vermeer company has mastered the production of the most powerful quarry dredging machine // Mining Industry. 2013. No. 6. p. 68.
18. Vermeer combines for the excavation of rocky rocks // Mining industry. 2007, No. 6, pp. 60-61.
19. Milling machines Vermeer T1255 TL develop saltpeter deposits in the Atacama desert // Mining industry. 2013. No. 6. pp. 69-70.
20. Friesen A.P. Vermeer series T1255-universal machines for performing overburden and mining operations in quarries // Mining industry. 2012. № 3. P. 56-57.
21. Maymind V.Ya. The use of powerful scrapers on foreign quarries // Mining Journal. 1970. No. 11. pp. 73-75..
22. Maymind V.Ya., Arsentiev A.I. Scraper complexes on open-pit mining / Maymind V. Ya., Arsentiev A. I. – M. Nedra. 1976. 204 p.
23. Trubetskoy K.N. Complexes of mobile equipment for open-pit mining / Trubetskoy K.N., Leonov E.R., Pankevich Yu.B. – M. Nedra.1990. – 255 p.
24. Yakimenko D.V. Technology of field development using milling machines and advanced scrapers // VII International scientific and technical Conference «Innovative geotechnologies in the development of ore and non-metallic deposits». Collection of reports. Ekaterinburg. Publishing house of UGSU. 2018. pp. 182-186.
25. Shemyakin S.A., Cheban A.Yu., Kligunov E.S. Improving the efficiency of layer-by-layer technology of open-pit mining operations with the use of milling-type dredging machines and scrapers // Mining Journal. 2003. No. 4-5. pp. 48-50.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.