

РАЗРАБОТКА ПРОГРАМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОНТУРНОГО ВЗРЫВАНИЯ НА СКОРОСТЬ СООРУЖЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

С. А. Харин

Институт предпринимательства «Стратегия»

ул. Гагарина, 38, г. Желтые Воды, 52201, Украина. E-mail: harinsa@inbox.ru

Показано, что сооружение протяженных горизонтальных горных выработок буровзрывным способом в крепких породах в условиях Криворожского бассейна приводит к тому, что фактическая площадь поперечного сечения может существенно превышать проектную, а величина отбитой породы на 15–19 % может быть больше расчетной. Это приводит к дополнительным работам и затратам времени и средств при уборке породы и креплении выработок. Отмечено, что в таких условиях для уменьшения переборов и трещинообразования в массиве целесообразно применение контурного взрывания. На основе разработки программного обеспечения на языке Java, выступившего в качестве инструмента исследований вопросов организации строительства горных выработок, получена зависимость параметров размещения шпуров при контурном взрывании от коэффициента крепости пород по шкале проф. М.М. Протодяконова. При этом показано, что расстояние между шпурами контурного ряда и линия наименьшего сопротивления в зависимости от f соответственно описываются логарифмической и степенной функциями. Показаны результаты анализа воздействия контурного взрывания на скорость проходки выработок для разных случаев. Отмечено, что интенсивность строительства горизонтальных выработок при контурном взрывании при прочих равных условиях может снижаться в 1,1–1,24 раза. При этом значительное уменьшение скорости работ при росте f объясняется уменьшением производительности средств бурения.

Ключевые слова: Java, алгоритм, шахта, динамика, строительство, шпур.

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ І АНАЛІЗ ВПЛИВУ КОНТУРНОГО ПІДРИВАННЯ НА ШВИДКІСТЬ СПОРУДЖЕННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ВИРОБОК

С. А. Харін

Інститут підприємництва «Стратегія»

вул. Гагаріна, 38, м. Жовті Води, 52201, Україна. E-mail: harinsa@inbox.ru

Зазначено, що спорудження протяжних горизонтальних гірничих виробок буропідричним способом у міцних породах в умовах Криворізького басейну призводить до того, що фактична площа поперечного перерізу може істотно перевищувати проектну, а величина відбитої породи на 15–19 % буде більше розрахункової, що призводить до додаткових робіт, витрат часу і коштів при збиранні породи та кріпленні виробок. Відзначено, що в таких умовах для зменшення переборів і тріщиноутворення в масиві доцільно застосування контурного підривання. На основі розробки програмного забезпечення на мові Java, яке виступило інструментом досліджень питань організації будівництва гірських виробок отримана залежність параметрів розміщення шпурів при контурному підриванні від коефіцієнта міцності порід за шкалою проф. М.М. Протодяконова. При цьому показано, що відстань між шпурами контурного ряду і лінія найменшого опору залежно від f відповідно описуються логарифмічною і ступеневою функціями. Показані результати аналізу впливу контурного підривання на швидкість проходки виробок для різних випадків. Відзначено, що інтенсивність будівництва горизонтальних виробок при контурному підриванні за інших рівних умов може знижуватися в 1,1–1,24 рази, при цьому більш значне зменшення швидкості робіт при зростанні f пояснюється зменшенням продуктивності засобів буріння.

Ключові слова: Java, алгоритм, шахта, динаміка, будівництво, шпур.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Функционирование железорудной промышленности Украины характеризуется в настоящее время следующими чертами:

- значительной отработанностью легкодоступных месторождений полезных ископаемых;
- большой глубиной ведения работ на карьерах, проблемами, связанными с масштабами и темпами вскрышных работ;
- экологическим ущербом, связанным с деятельностью горнообогатительных комбинатов;
- нарастанием себестоимости продукции при открытом способе разработки бедных руд и их последующим обогащением, ввиду применения энергозатратных технологий и высокой стоимостью энергоносителей на мировом рынке, кроме того, следует подчеркнуть постоянный характер роста мировых цен на энергетические ресурсы, что позволяет прогнозировать дальнейшее возрастание себестоимости продукции;
- значительной потребностью металлургических предприятий Украины в железорудном сырье;

– необходимостью обеспечения критически важных экспортных поставок металлургической и железорудной продукции;

– близостью к исчерпанию запасов природно-богатых железных руд, разрабатываемых в настоящее время подземным способом и вскрытых с помощью одной ступени вскрытия;

– негативными прогнозами возобновления попыток завершения даже в отдаленной перспективе строительства Криворожского государственного комбината окисленных руд.

В таких условиях эффективное развитие подземного горного производства возможно только при активной инновационной политике, экономии всех видов, а особенно ключевых затрат, концентрации усилий не только непосредственно на добыче полезного ископаемого, но и на вопросах шахтного строительства, своевременное введение в действие новых горизонтов, расположенных на значительных глубинах. Это придает особое значение вопросам совершенствования организации работ.

Проходка горних вироботок, особливо большого поперечного сечения, сопровождается во многих случаях тем, что их фактические размеры отличаются от данных в проекте, контур выработки сильно изрезан.

Стремление к тому, чтобы сооружаемая выработка в проходке имела размеры, которые позволяют в конечном итоге обеспечить соответствие проекту готовой выработки с учетом параметров ее крепи вынуждает размещать шпур таким образом, что имеет место перебор породы, который исчисляется величиной 15–19 %, а в ряде случаев и большей, что негативно сказывается на объемах убираемой породы, затрудняет крепление выработки. Например, при использовании в качестве крепи бетонной расход материала, особенно при значительной неровности контура, может существенно возрасти, что увеличивает стоимость строительства, повышает его сроки.

Кроме того, при обычном взрывании имеет место значительное разрушающее воздействие энергии взрыва на законтурный массив, что требует увеличения параметров крепи, и, соответственно, вызывает необходимость увеличения размеров выработки в проходке. С целью снижения переборов породы и образования трещин в горном массиве целесообразно использование контурного взрывания, характеристикой которого является снижение энергии при взрыве и специальном расположении шпуров предконтурного и контурного рядов.

Анализ опубликованных работ, освещающих различные аспекты научных исследований, показывает на значительное число публикаций, посвященных совершенствованию буровзрывных работ, в частности, действию взрыва удлиненного заряда взрывчатого вещества в шпурах и управлению удельной поверхностной энергией разрушения горных пород [1, 2]. Учеными также получены научные результаты, связанные с использованием многоточечного инициирования скважинного заряда для улучшения проработки подошвы уступа и исследованием влияния формы заряда в донной части шпура на изменение прочностных свойств среды при взрыве [3, 4].

Различным аспектам контурного взрывания посвящен труд чешских авторов [5], получивший широкое признание.

В то же время исследователи затрагивают вопросы бурения шахтных стволов, позволяющего помимо возрастания темпов их проведения сохранить прочность законтурного массива [6], что имеет серьезные перспективы, особенно на зарубежных горных предприятиях.

В целом изучение литературных источников и актуальных проектов проводящегося в настоящее время строительства железорудных предприятий, показывает, что вопросы воздействия контурного взрывания на продолжительность проходческого цикла и соответственно скорость проведения протяженных выработок, независимо от их назначения, не являются сегодня детально проработанными.

Учитывая вышесказанное, представляются вполне актуальными:

во-первых, разработка эффективно работающего, отвечающего стандартам качества, программного обеспечения, которое могло бы выступать инструментом оперативного изучения различных аспектов организации проходческого цикла при сооружении горных выработок в части учета влияния контурного взрывания на интенсивность проходческих работ;

во-вторых, соответствующий анализ, установление закономерностей и выработка рекомендаций.

Цель работы – разработка программного обеспечения и анализ воздействия контурного взрывания на скорость сооружения горизонтальных выработок.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Изучение имеющегося обширного опыта применения контурного взрывания, освещенного, в частности, проф. Н.М. Покровским и другими авторами показал следующее [7, 8]. Снижение концентрации взрыва на 1 м шпура достигается за счет использования ВВ с высокой работоспособностью в патронах уменьшенного диаметра или использования ВВ в патронах обычного диаметра, но малой работоспособности, а также сочетания этих способов. При применении контурного взрывания уменьшается глубина трещин в массиве, перебор породы, все это в конечном итоге позволяет существенно сократить расходование средств на крепление выработок, особенно в сложных условиях, например, при высоком горном давлении. Весьма целесообразным представляется использование контурного взрывания на глубоких горизонтах шахт Криворожского бассейна, где проходческие работы выполняются на глубинах свыше 1300 м.

Весьма насущной задачей выступает разработка программного обеспечения, которое позволяло бы служить в качестве инструмента оперативного изучения вопросов организации проходческого цикла при сооружении выработок, учитывая большое разнообразие условий и сложность обработки информации. Как представляется, весьма целесообразным в данном случае может быть программное обеспечение, использующее объекты объектно-ориентированного программирования (ООП). Важно указать, что главные достоинства такого вида программирования проявляются, когда в языке есть возможность использования полиморфизма, способности объектов с одинаковой спецификацией получать разную реализацию, что вполне применимо для наших задач. С целью автоматизации исследований разработаны алгоритм (рис. 1) и компьютерная программа на языке Java (рис. 2).

Основные возможности этого языка весьма разнообразны. К ним относится, в частности, следующее [9, 10]:

- возможность применения достаточно простых инструментов для построения сетевых приложений;
- способность к автоматическому управлению памятью;
- весьма обширный перечень средств для осуществления фильтрации ввода-вывода;
- важная роль, отводимая классам, что дает возможность осуществлять HTTP-запросы и обрабатывать ответы;
- богатый перечень стандартных коллекций;

- интегрированные в Java средства построения многопоточных приложений;
- существенно дополненные механизмы преобразования комплекса исключительных ситуаций;
- стандартизированный допуск к базам данных в языке;
- возможность эффективной поддержки обобщений;
- способность к параллельному выполнению различных программ.

Все это дает возможность эффективно использовать язык Java для решения задач горного производства, особенно в тех случаях, когда необходима обработка большого потока данных.

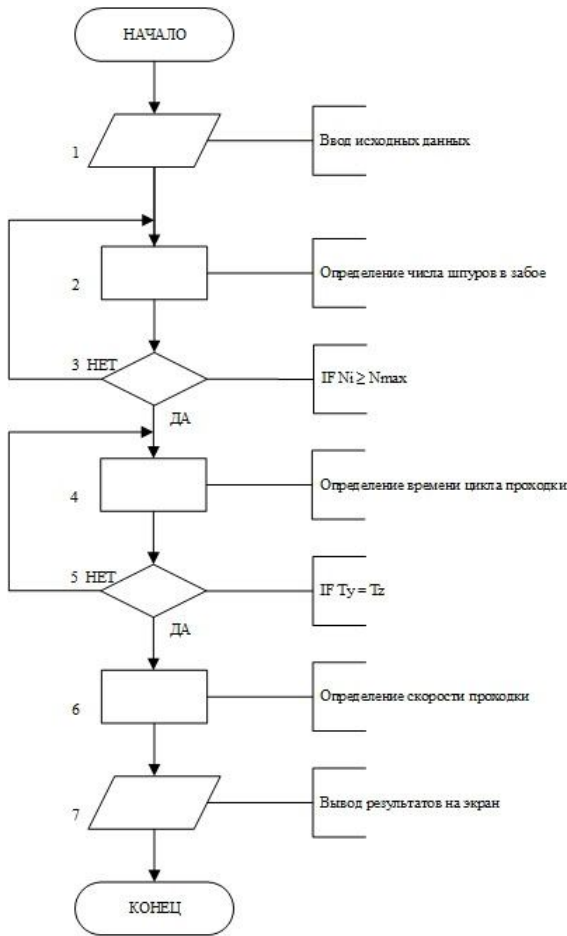


Рисунок 1 – Алгоритм программы исследований

Проф. Н.М. Покровским и другими авторами [7, 8] указывается закономерность изменения расстояния между оконтуривающими шпурами в протяженных выработках горизонта от коэффициента крепости пород по шкале проф. М.М. Протодяконова. Следует, однако, указать, что в упомянутых работах не приводятся сведения о параметрах размещения таких шпуров в породах с f , не превышающим десяти. Используя параметры, приведенные ранее в [7, 8], возможно найти выражения для определения расстояний между шпурами от f , экстраполировав их для диапазона крепости пород от 10 до 20 (рис. 3, табл. 1). В результате полученные выражения для определения основных параметров размещения за-

рядов контурного и предконтурного рядов применим в дальнейшем для нахождения зависимости темпов проведения протяженных выработок горизонта при контурном взрывании в породах с высокой и очень высокой крепостью, которые, в частности, характерны для глубоких шахт Криворожского бассейна.

Таблица 1 – Зависимости параметров размещения шпуров от f

Вид шпуров	Расстояние между шпурами в ряду, a_k , см	ЛНС, W_k , см
Оконтуривающие	Логарифмическая, $a_k = -24,1 \ln(f) + 99,7$	Степенная $W_k = 149,2 f^{-0,43}$
Предконтурные	Логарифмическая, $a_{нк} = -28,9 \ln(f) + 119,54$	Степенная $W_{нк} = 179,4 f^{0,42}$

Выполним исследование по нахождению зависимости темпов сооружения штрека и квершлага от f при разнообразных случаях (табл. 2) в выработках сечением соответственно 10 и 20 м².

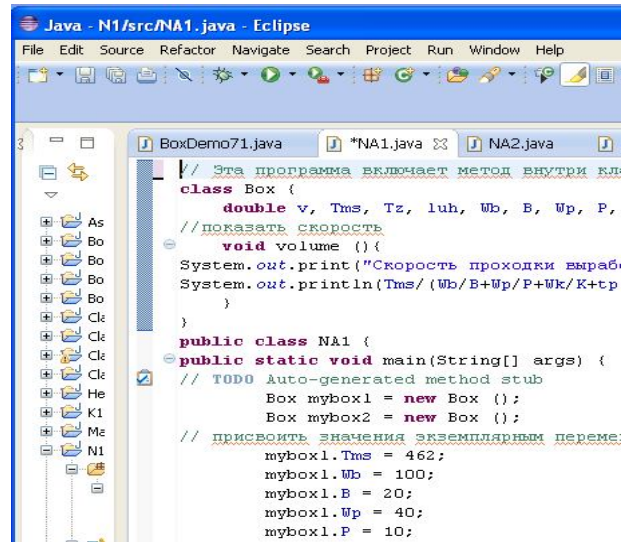


Рисунок 2 – Программа, включающая метод

Применение вместо обычного взрывания контурного требует бурения некоторого (иногда весьма значительного) количества дополнительных предконтурных и непосредственно контурных шпуров, что способно негативным образом отражаться на скорости сооружения выработок. Часть из них может находиться на достаточно большой высоте, что способно иногда затруднить процесс бурения.

Анализ полученных данных о числе шпуров при обычном (N) и контурном (N_k) взрывании позволил сделать следующие выводы (рис. 4). Абсолютное (и достаточно заметное) увеличение числа шпуров при росте f будет приводить к более выраженному отно-

сительному росту количества шпуров при меньших величинах коэффициента крепости пород: к примеру, в штреке, имеющем площадь поперечного сечения в проходке 10 м^2 , относительный рост количества шпуровых зарядов при контурном взрывании при $f=10$ будет достигать 1,28 раза, при крепости пород 14–1,24 раза. Вместе с тем такое увеличение числа шпуров при очень высоком f , например, 20, снизится до параметра 1,19.

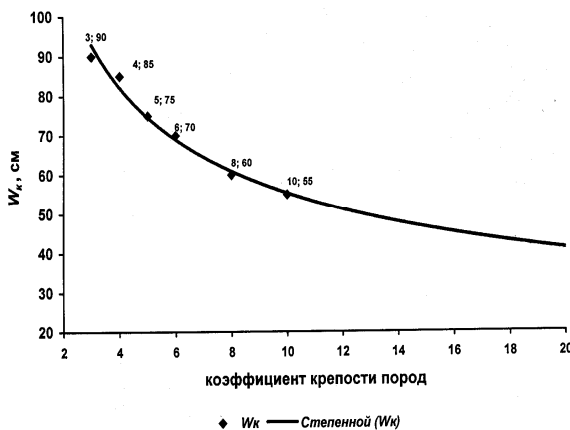
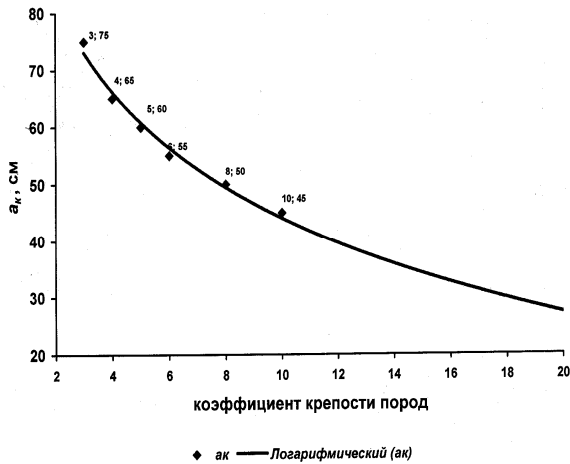


Рисунок 3 – Параметры размещения шпуров

Для кварцшлага, имеющего вдвое большее сечение, чем штрек, возрастание при контурном взрывании количества шпуров, обладая в целом аналогичным характером изменения, будет характеризоваться менее заметным уровнем.

Так, например, установлено, что для коэффициента крепости пород 10 это увеличение будет достигать 1,24, для $f=14$ – 1,21, и, наконец, для $f=20$ – изменится до величины 1,17.

Для условия исследований 1, при применении обычного взрывания, и росте f с 10 до 14 интенсивность строительства штрека сократится (рис. 5) с 77 до 50,2 м/мес. (на 35 %). Возрастание значения крепости до 20 вызывает уменьшение интенсивности сооружения штрека до 29 м/мес. (в 2,7 раза в сравнении со случаем $f=10$).

Довольно заметные изменения в темпах строительства выработки будут наблюдаться при применении контурного взрывания (вариант 2). Потребность в бурении увеличенного числа шпуров вызы-

вает сокращение в соответствующих случаях интенсивности сооружения штрека.

Так, например, при $f=10$ темпы строительства выработки будут достигать 67,8 м/мес. (что уступает обычному взрыванию в 1,14 раза).

Для коэффициента крепости 20 темпы проходки сократятся до 24,6 м/мес. (что в 2,8 раза меньше случая с крепостью 10 и в 1,2 раза – в сравнении с применением обычного способа взрывания забоя).

Таблица 2 – Условия исследований

Условие исследований	Сечение выработки в проходке, м^2	Вид взрывания	Производительность средств бурения
1	10	Обычное	Зависит от f
2		Контурное	Зависит от f
3		Контурное	Увеличена по сравнению с вариантом 2 в 2 раза
4	20	Обычное	Зависит от f
5		Контурное	Зависит от f
6		Контурное	Увеличена по сравнению с вариантом 5 в 2 раза

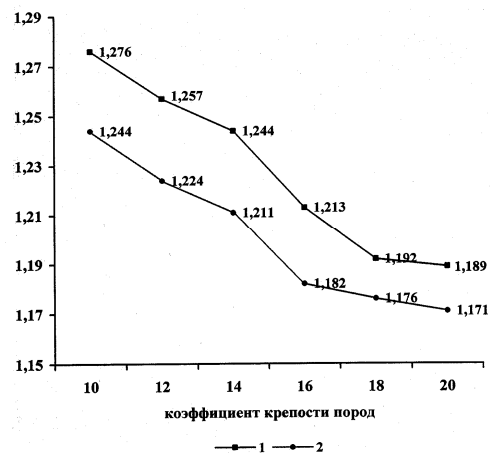


Рисунок 4 – Изменение N_k / N при разных f : 1 – штрек; 2 – кварцшлаг

Целесообразно выполнить анализ изменения скоростей строительства ранее рассмотренных нами протяженных выработок горизонта при использовании контурного взрывания, но двукратном (для соответствующих случаев ведения проходческих работ) повышении производительности буровых средств, поскольку буровые работы, особенно в крепких породах, производят сильно выраженное воздействие на интенсивность строительства выработок. В таком варианте (условие исследования 3) будут наблюдаться следующие скорости строительства штрека (рис. 5): 63,4 м/мес. для крепости 10 (0,82 к сравнимаемому уровню интенсивности проходки для обычного взрывания); 49,2 м/мес. для $f=14$ (изменится до 0,98); 41 м/мес.

Для случая с крепостью 16 наблюдается уравнивание темпов проходки – строительства штрека при обычном и контурном взрывании, но с увеличенной в два раза эксплуатационной производительностью

бурового обладнання. При коефіцієнті крепости пород 20 контурное взрывание с удвоенной производительностью оборудования для бурения дает возможность поддерживать темп проведения штрека в 1,4 превышающий таковой при обычном виде взрывания.

Проанализируем далее аналогичным образом темпы проведения квершлага с $S = 20 \text{ м}^2$ (рис. 6). Для такого варианта исследования при обычном взрывании (условие 4) скорости работ изменятся от 51,2 м/мес. при $f=10$ и 36,4 м/мес. при $f=14$ до 22,3 м/мес. при $f=20$. В то же время использование контурного взрывания (условие 5) вызывает уменьшение темпа проходки квершлага в таком диапазоне величин: при крепости 10 до 46,8 м/мес. (в 1,1 раза), при крепости 14 до 32,4 м/мес. (1,12), и при крепости 20 до 18 м/мес. (1,24).

Более заметное уменьшение интенсивности строительства квершлага при контурном взрывании при больших значениях f следует объяснять не столько возрастанием количества шпуров (интенсивность увеличения количества шпуров при больших значениях крепости пород напротив, снижается), но заметно более трудными условиями для ведения буровых работ.

Использование, по аналогии со штреком, контурного взрывания с увеличенной в двукратном размере производительностью бурового оборудования (условие исследований б) существенно увеличивает темпы сооружения квершлага – до 54,9 м/мес. при крепости 10 или 28,2 м/мес. – крепости 20.

Результаты анализа изменения темпов сооружения штрека и квершлага, на основании которых мы получили зависимости скорости сооружения рассмотренных горизонтальных выработок разного сечения от коэффициента крепости пород для весьма различных условий сведем в табл. 3. Полученные зависимости могут, с вполне удовлетворительной точностью, характеризоваться линейными выражениями.

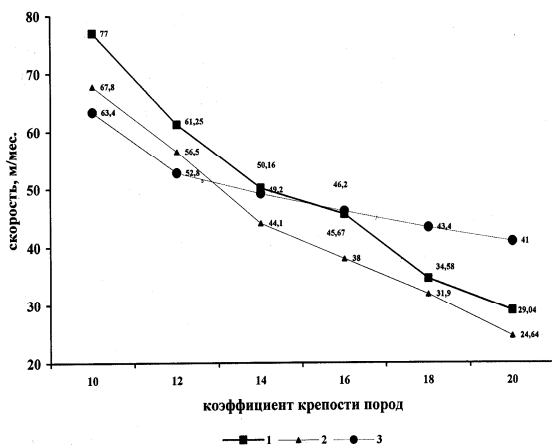


Рисунок 5 – Изменение v от f по вариантам для штрека

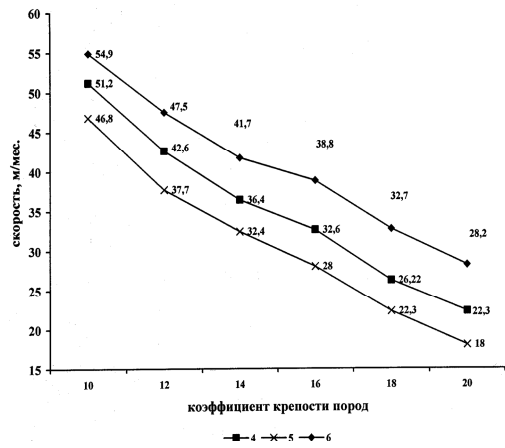


Рисунок 6 – Изменение v от f по вариантам для квершлага

Таблица 3 – Зависимости v от f

Условие исследований	Функция	Характер функции
1	$v = -4,63f + 119,1$	линейный
2	$v = -4,09f + 105,6$	
3	$v = -2,04f + 80,01$	
4	$v = -2,82f + 77,5$	
5	$v = -2,78f + 72,5$	
6	$v = -2,58f + 79,3$	

ВЫВОДЫ. Таким образом, в результате разработки программного обеспечения на языке Java, которое выступило в качестве инструмента исследований вопросов организации строительства горных выработок и изучения воздействия в различных условиях, которое оказывает контурное взрывание на скорость строительства протяженных выработок горизонта, стало возможным установить такие результаты: применение контурного взрывания вызывает необходимость размещения в забое выработки дополнительных шпуров, количество которых может измеряться, для различных случаев, величиной порядка 20–30 % для штрека площадью поперечного сечения 10 м^2 и величиной 18–25 % для квершлага сечением 20 м^2 ; характерным является также то, что с увеличением значения f наблюдается относительное снижение прироста количества контурных шпуров; интенсивность сооружения штрека при контурном взрывании уменьшится примерно в 1,15 раза при крепости 10 и в 1,2 раза при крепости 20; для квершлага с указанными величинами будут составлять соответственно порядка 1,1 и 1,25. Более существенное уменьшение скорости строительства выработок при росте f объясняется значительным уменьшением эксплуатационной производительности бурового оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калякин С.А., Шкуматов А.Н., Лабинский К.Н. Управление разрушающим действием взрыва уклоненного шпурового заряда взрывчатого вещества // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук:

КДПУ, 2013. – Вип. 2/2013 (79). – С. 78–82.

2. Терентьев О.М., Стрельцова І.М. Математична модель управління питомою поверхневою енергією руйнування гірських порід // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КДПУ, 2013. – Вип. 3/2013 (80). – С. 153–157.

3. Использование многоточечного инициирования скважинного заряда для улучшения проработки подошвы уступа / В.В. Воробьев, В.Т. Щетинин, А.М. Пеев // Вісник Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”. Серія “Гірництво”: збір. наук. праць. – К.: НТУУ “КПІ”, 2003. – Вип. 9. – С. 63–65.

4. Исследование влияния формы заряда в донной части шпура на изменение прочностных свойств среды при взрыве / В.В. Воробьев, А.М. Пеев // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва: науково-виробничий збірник. – Кременчук: КДУ, 2009. – Вип. 2/2009(4). – С. 35–39.

5. Бротанек И., Вода Й. Контурное взрывание в

горном деле и строительстве / Перев. с чешск.; под ред. Б.Н. Кутузова. – М.: Недра, 1983. – 144 с.

6. Левит В.В., Горелкин А.А. Бурение шахтных стволов как перспективное направление в шахтном строительстве // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КДПУ, 2012. – Вип. 2/2012 (73). – С. 104–110.

7. Покровский Н.М. Технология строительства подземных сооружений и шахт. – М.: Недра, 1977. – 400 с.

8. Смирняков В.В., Вихарев В.И., Очуров В.И. Технология строительства горных предприятий. – М.: Недра, 1989. – 573 с.

9. Лонг Ф., Мохиндра Д., Сикорд Р. и др. Руководство для программиста на Java: 75 рекомендаций по написанию надежных и защищенных программ / Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2014. – 256 с.

10. Хорстман С., Корнелл Г. Java 2. Библиотека профессионала. Основы / Пер. с англ.; под ред. В.В. Вейтмана. – М.: Вильямс, 2007. – 896 с.

SOFTWARE DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF IMPACT OF THE CONTROLLED BLASTING ON SPEED OF BUILDING OF HORIZONTAL LATERALS

S. Kharin

Enterprise Institute "Strategy"

vul. Gagarin, 38, Zhovti Vody, 52201, Ukraine. E-mail: harinsa@inbox.ru

It has been noticed that building of horizontal laterals with drilling and blasting operations in hard rocks in the area of Krivoy Rog basin causes the essential increasing of the sectional area in comparison with the project one, and the quantity of muck pile can be 15–19 % greater than the project one that should cause additional work and time to muck and to make barring. In such conditions it is viable to use controlled blasting for decreasing of overdig and fissuring in the solid. With the development of software in Java language which is the analysis instrument of the organization of laterals problems we have a dependence of characteristics of the blast-hole location during the controlled blasting on the Protodyakonov scale of hardness. Distance between two blast-holes of the contour row and the line of the least reluctance of f can be described with logarithmic function and exponential function. The results of the analysis of the controlled blasting impact on speed of excavation for different cases were shown. The intensity of horizontal laterals building during the controlled blasting can be 1,1–1,24 times decreased, and larger decreasing of work speed with the growth of f is explained with decreasing of productivity of cutter media.

Key words: Java, algorithm, mine, dynamics, construction, trace.

REFERENCES

1. Kalyakin, S.A., Shkumatov, A.N., Labinskiy, K.N., (2013), "Cracking effect control of explosion of elongated blast-hole charge", *Transactions of Kremen-chuk Mykhailo Ostrohradskiy National University*, vol. 2, no. 79, pp. 78–82.

2. Terentiev, O.M., Streltcova, I.M. (2013), "Mathematical model of control of surface energy of the rock breaking", *Transactions of Kremen-chuk Mykhailo Ostrohradskiy National University*, vol. 3, no. 80, pp. 153–157.

3. Vorobyov, V., Schetinina, V., Pejev, A., (2003), "Using multipoint initiation of downhole charge to improve study of ledge soles", *Visnyk Natsionalnogo tehnicznego universytetu Ukrainy "Kyivskiy polytehnichnijinstytut". Seriya "Girnystvo"*, vol. 9, pp. 63–65.

4. Vorobyov, V., Pejev, A., (2009), "Investigation of the influence of charge form in the bottom portion of borehole to change the strength properties of a medium by the explosion", *Up-to-date resources and energysaving technologies in mining industry*, vol. 2, no. 4, pp. 35–39.

5. Brotanek, I. and Voda, J. (1983), *Konturnoje wzrivaniye v gornom djele i stroitelstve* [Contour

blasting in mining and construction], Translated by Kutusov, B.N., Nedra, Moscow, USSR.

6. Levit, V.V., Gorelkin, A.A. (2012), "Drilling of vertical shafts as perspective direction in mine building", *Transactions of Kremen-chuk Mykhailo Ostrohradskiy National University*, vol. 2, no. 73, pp. 104–110.

7. Pokrovsky, N.M. (1977), *Tehnologija stroitelstva podzemnih sooruzhenij i schajt* [Technology of underground construction and mining], Nedra, Moscow, USSR.

8. Smirnyakov, V.V. Viharev, V.I., Ochukurov, V.I. (1989), *Tehnologija stroitelstva gornyh predpriyatij* [Technology of underground construction and mining], Nedra, Moscow, USSR.

9. Long, F., Mohindra, D., Sicord, P., Saserlend, D., Svoboda, D. (2014), *Rukovodstvo dlja programmista na Java: 75 rekomendacij po napisaniju nadezhnih i zashchishchennyh program* [Java Coding Guidelines: 75 Recommendations for Reliable and Secure Programs], Viljams, Moscow, Russia.

10. Horstman, C. and Kornell, G. (2007), *Java 2. Osnovy*. [Java 2. Fundamentals], Translated by Vajtman, V.V., Viljams, Moscow, Russia.

Стаття надійшла 16.05.2014.