

## ОРГАНИЗИРАНЕ НА НАЙ-ЕФЕКТИВНИ И ЕКОЛОГИЧНО ЧИСТИ ПЪРВИЧНИ ВЗРИВНИ РАБОТИ ЗА ДОБИВ НА ИНЕРТНИ МАТЕРИАЛИ

**Гергана Камбурова**

Минно-геоложки университет  
"Св. Иван Рилски"  
София 1700, България

**Славчо Лазаров**

Минно-геоложки университет  
"Св. Иван Рилски"  
София 1700, България

### РЕЗЮМЕ

В изпълнение на задача по договор с Еколинкс към Американската Агенция за Международно развитие беше разработена, експериментирана и внедрена технология за ефективни и екологично чисти първични работи за добив на инертни материали за условията на кариера "Скакавица" към БДЖ.

При досегашната практика първичните взривни работи в кариера "Скакавица" са извършвани изключително по технология на взривяване с детониращ шнур чрез удвоена мрежа на повърхността и по две нитки детониращ шнур във всеки сондаж свързани с междинен детонатор. За осъществяване на закъснение частично са използвани закъснителни релета за детониращ шнур.

При тази технология се получава сравнително голям относителен разход на взривно вещество, не добро раздробяване на материала, значителен разлет на късове с голям сеизмичен ефект и силна ударна въздушна вълна.

За осъществяване на ефективни и екологично чисти взривни работи за тези условия е разработена нова технология за милисекундно раздробяване на скалния масив с долно инициране на зарядите, при което са изпълнени следните основни задачи:

1. Намаляване на относителния разход на взривни вещества за добив на 1 м<sup>3</sup> плътна скална маса с 25-30%.
2. Намаляване с над 30% на вредните газопрахови емисии отделящи се в околната среда при първичните взривни работи.
3. Намаляване над 2 пъти на сеизмичното въздействие върху околната среда, сградите и съоръженията в кариера "Скакавица".
4. Намаляване с около 30% на отделящите се свръхгабаритни късове, които в следствие следва да се разрушават в вторични взривни работи както и значително по равномерно раздробяване на скалния масив
5. Резко намаляване на разлета на късове във взривното поле и силата на ударната въздушна вълна с около 50 %
6. Намаляване с около 20% на разходите за извършване на добива на инертни материали и повишаване на надеждността на работа в кариера "Скакавица"

Внедряването на тази технология допринесе до значително подобряване на добивния процес в кариера "Скакавица".

С изпълнението на задачата се цели да се разработи, експериментира и внедри в производството на кариера "Скакавица" нова технология при извършване на взривните работи на разкривните стъпала.

прилагат наши нови български средства за взривяване, за постигане на крайната цел.

### АНАЛИЗ НА СЪЩЕСТВУВАЩАТА И ПОНАСТОЯЩЕМ ПРИЛАГАНА ТЕХНОЛОГИЯ НА ВЗРИВЯВАНЕ

Основните задачи при разработването на новата технология са следните:

1. Прилагане на пълно милисекундно взривяване на откривните стъпала с избор на най подходящ интервал на закъснение.
2. Значително намаляване на сеизмичния ефект от масовите взривове в пределно допустимите норми 10-15 mm/s масова скорост.
3. Значително намаляване на вредното въздействие от разлет на късове върху машини, оборудване и хора, както и вредните газово-прахови емисии в атмосферата.
4. Значително по добро раздробяване на скалния масив вследствие на по добро използване на енергията на взрива.
5. Намаляване на разхода на взривни материали за разрушаване на 1 м<sup>3</sup> плътна скална маса.

Крайната цел е да се постигнат всички положителни ефекти от масово прилаганите напоследък в цял свят нови системи за взривяване с милисекундно разрушаване на скалния масив, като вместо вносните материали се

През последните няколко години в кариера "Скакавица" бяха разработени и осъществени редица технически въпроси. По важните от тях са следните:

1. Взривните полета с мрежа от 2.5x2.5m-2.5x3m на сондажите се разшири на средно 3.5x3.5m, с което пробивните работи се намалиха значително.
2. Разработи се и се внедри нова конструкция на заряда, като вместо зарядите от 2.2 kg "Амонит" 6 (Лазарит) за междинни детонатори се внедриха 400 g тротилови пресовки. С това в значителна степен се подобри иницирането на основния заряд от ВВ.
3. Премахна се началното огнево взривяване на взривната мрежа с огнепроводен шнур и капсул-детонатор № 8, с което в значителна степен се подобри сигурността на началното инициране на зарядите и безопасността на труда.
4. Преустанови се употребата на скъпите закъснителни релета тип "Шафлер", внос от Австрия с много чести откети, като същите се замениха с български милисекундни електродетонатори. Зарядите в случая се взривяват поредово с една степен на закъснение.

Въпреки тези значителни подобрения, съгласно най-новите изследвания съществуващата и прилагана понастоящем технология на взривяване има следните недостатъци:

1. Силна ударна въздушна вълна и голям шумов ефект при взривяване, формираща се главно от разстланата на повърхността мрежа от детониращ шнур и неправилното инициране на зарядите.
2. Голям разлет на скални късове на значително разстояние, което поврежда околното минно транспортно оборудване и представлява голяма опасност за работещите
3. Голям сеизмичен ефект върху околната среда вследствие на сравнително големия брой сондажи, които се взривяват в една степен при поредовата схема на взривяване.
4. Чести откази на магистралната линия от детониращ шнур, както и откази в сондажите, които остават невзривени вследствие лошото качество на използвания детониращ шнур. Това налага спиране на работата, неколккратно взривяване на полето, дублиране на мрежата от детониращ шнур и др.
5. Непълно използване потенциалната енергия на взривни вещества, вследствие на неправилната конструкция на заряда.
6. Сравнително гъста сондажна мрежа, което води до преразход на сондажи.

Основните причини за появяването на тези недостатъци са следните:

1. Неправилно, в светлината на най-новите изследвания, инициране на зарядите и неправилна конструкция на заряда.

На фиг.1 е дадена досега използваната схема на конструкция на заряда в кариера "Скакавица"

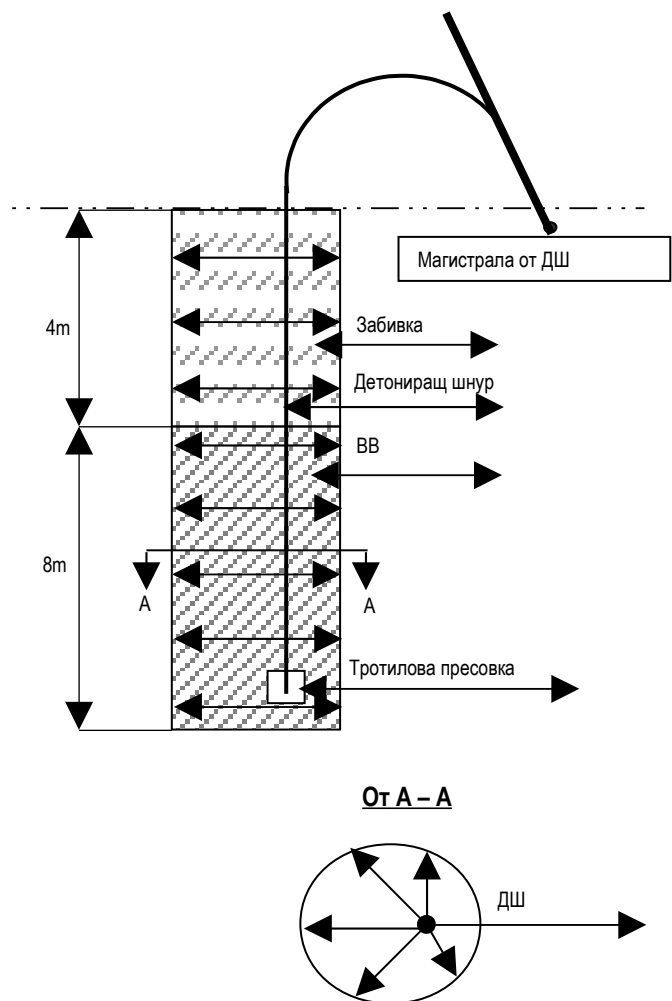
Зарядите от взривни вещества заемат 2/3 от долната част на сондажите. Останалата 1/3 от сондажите се запълват със забивка от изнесеня при сондирането материал. Иницирането на заряда се извършва от междинен детонатор, представляващ тротилова пресовка от 400 g, която е напълно достатъчна. Тротилите пресовки се иницират от една или две нитки детониращ шнур, преминаващ през цялата дължина на сондажа, както през забивката, така и през заряда. Отрязъкът от детониращ шнур с тротилната пресовка се свързва на повърхността с изградената магистрала от детониращ шнур. Отрязъкът от детониращ шнур приема детонация от магистралния детониращ шнур и детонирайки със скорост над 5500 m/s достига до дъното на заряда в сондажа, като иницира тротилната пресовка. Тротилната пресовка иницира заряда, който се взривява основно от долу на горе. Така се осъществява масово прилаганото долно инициране. Дотук всичко е добре ако не бяха най-новите изследвания доказващи нецелесъобразността на този начин на инициране и тази конструкция на заряда.

На практика при този начин на работа се получава някакво комбинирано инициране, което води до редица негативни явления.

На първо място преминаването на детониращия шнур през забивката и детонацията му със скорост над 5500 m/s

нарушава и изхвърля забивката преди взривяването на заряда от взривно вещество. В случая забивката не изпълнява своята роля за възприемане на разлета на взривните газове.

На второ още по-важно място е нарушаването на цялостта на заряда преди същият да се е иницирал от тротилната пресовка. Детониращият шнур преминава през целия заряд, като около него се създава ударна вълна, въздействаща върху заряда в радиална посока перпендикулярно на оста на заряда, т.е. по късата му страна. Заряда се деструктурира, преуплътнява и частично детонира. Вследствие на всичко това преди истинската детонация той най-общо казано се деформира, което води до тотално нарушаване на детонацията в него. По експериментални данни на шведски изследователи това води до загуби на 25-30% от потенциалната мощност на заряда, т.е. получава се преразход на 25-30% от необходимото взривно вещество.



Фигура 1. Конструкция на заряда и начин на инициране при взривяване с детониращ шнур

Резултатите от тези изследвания и анализ са довели до създаването на най-съвременните системи на взривяване в развитите и други страни с пълно използване на възможностите на милисекундното разрушаване на скалния масив без предварително нарушаване на цялостта на заряда от взривно вещество.

2. Непълно използване на ефектите на милисекундния начин на взривяване. При сега използваната схема на милисекундно взривяване, като най проста се прилага поредното закъснение на зарядите.

На повърхността до всеки ред сондажи се изгражда магистрална линия от детониращ шнур. Към всяка такава линия се присъединяват отрязъците от детониращ шнур, влизащи в сондажите, съгласно фиг. 1.

Всяка поредова магистрала от детониращ шнур в единия край на полето се свързва в един или два броя електродетонатори от 1 до 4 степени. При повече редове с едно закъснение се свързват два реда сондажи.

Тази схема на взривяване на сондажите е значително по добра от по рано прилаганата схема с огнево взривяване и използване на вносни закъснителни релета, но на настоящия етап тя също има недостатъци.

На първо място с едно закъснение се взривяват голям брой заряди от 12 до 20 броя. Това води до сравнително по голям сеизмичен ефект. Освен това не се използва достатъчно взаимодействието на зарядите при милисекундното взривяване и се повишава делът на свръхбаритните късове.

На второ място при тази схема се взривява голямо количество детониращ шнур на повърхността на полето, което води до силна ударна и шумова въздушна вълна, както и до голям разлет на късове.

На трето място мрежата от детониращ шнур не се дублира, което вследствие на влошеното качество на детониращ шнур води до чести откази и неколккратно взривяване на отделни редове.

На база извършените изследвания и анализ на прилагания технологичен опит в чужбина и у нас за постигане на набеязаните цели, беше разработена нова технология на взривяване в кариера "Скакавица" с нова конструкция на зарядите.

## НОВА ТЕХНОЛОГИЯ НА ВЗРИВЯВАНЕ В КАРИЕРА "СКАКАВИЦА"

При разработването на новата технология се определят следните ограничителни условия.

1. По отношение на броя на едновременно взривяваните сондажи. Броят на взривяваните сондажи с една степен на закъснение де се ограничи от 2 до 6 броя или оптимално 3 - 5 броя. По този начин се създава възможност за по добро взаимодействие на зарядите помежду си, което води до минимален сеизмичен ефект, по добро раздробяване на материала и по добро използване на енергията на взривното вещество.
2. Броят на сондажите в едно взривно поле да бъде до 60 и в единични случаи до 80 броя. Това може да се осъществи в следствие на увеличената взривна мрежа

и възможност при използване на десет степени на закъснение да се осъществи изискването с една степен на закъснение да се взривяват 3-5 броя сондажи.

3. Съпротивлението на цялата електровзривна мрежа да не превишава 350  $\Omega$  при използване на електродетонатори с повишена сигурност от клас П, с безопасен ток 0,45 А, сигурен ток 2 А и сигурен импулс 18-20 А<sup>2</sup> ms.
4. За осигуряване на минимален сеизмичен ефект общото количество взривно вещество взривено с една степен на закъснение да не надвишава 600-800 kg.

## Разработване на нова конструкция на заряда и начин на неговото инициране.

Един от основните въпроси на новата технология е конструкцията на заряда и неговото инициране.

Основен замисъл на най съвремените технологии на взривяване е основният заряд от взривно вещество в сондажа да не се нарушава преди неговото инициране от междинния детонатор. Същото се отнася и до забивката над него. Това не може да се осъществи чрез сега изпълнената конструкция на заряда (фиг. 1) с използване на детониращ шнур за взривяване на междинния детонатор от тротилова пресовка.

При неелектрическите системи този въпрос се решава чрез създаване на специална конструкция шнур (вълновод), който има следните качества:

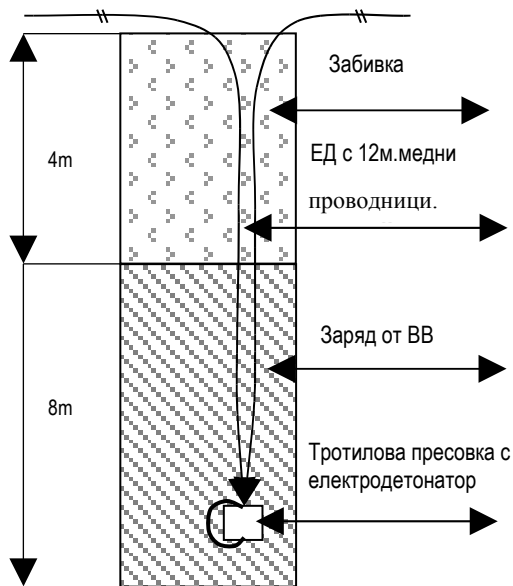
- възприема детонация от капсул-детонатор № 8;
- предава детонация на капсул-детонатор поставен и закрепен в устието му;
- притежава скорост на детонация от 2000 m/s, но поради своята конструкция не се разрушава и няма повърхностни взривни ефекти.

За взривяване на зарядите в сондажите се използват отрязъци от този шнур, завършващи накрая със закъснителен детонатор. Патрон боевика (междинния детонатор) се изработва от тези отрязъци от шнур, като детонатора, с който завършва се съединява с тротиловата пресовка.

Иницирането на целия заряд от взривно вещество става от долу нагоре, без заряда да се нарушава предварително. Не се нарушава и забивката на заряда. Системата е много добра и сигурна, но такъв отрязък от шнур с дължина 12-18 m завършващ със закъснителен детонатор струва около 2.5 – 3.0USD.

За да се получи същият ефект беше изработена конструкция на заряда и начина на инициране с наши нови средства за взривяване.

На фиг. 2 е дадена новата конструкция. При нея вместо нитка от детониращ шнур при досегашната конструкция и вместо отрязък от вълновод при неелектрическата система се използват електродетонатори с медни проводници с дължина 12 m, завършващи както и при вълновода със закъснителен детонатор.



Фигура 2. Конструкция на заряда и начин на инициране по новата технология с милисекундно електрическо взривяване

**Приликата с неелектрическата система е :**

- Заряда от взривно вещество не се нарушава преди неговото взривяване. През него преминават изолирани медни проводници, които не го нарушават;
- Забивката над заряда от взривно вещество не се нарушава преди взривяването, като изцяло изпълнява своите функции;
- Осъществява се долно инициране на зарядите с избраното от нас закъснение;
- Повишава се надеждността на взривяването;
- Повишава се в еднаква степен използваемостта на мощността на взривното вещество с 25-30%.

**Различията с неелектрическата система са:**

- Закъснителния детонатор, който иницира тротилната пресовка при неелектрическата система се задейства от детонацията на вълновода, а при разработената наша технология от електрическа запалка с повишена сигурност клас П;
- Мрежата на повърхността при новата технология е от проводниците на детонаторите, а при неелектрическата система се използват допълнителни разклонителни кутии /конектори/ с отрязъци от вълновод с капсул детонатор.

При разработването на новата конструкция на заряда и новия начин на инициране на междинния детонатор бяха извършени предварителни опити.

За целта беше изработен начин за добро свързване на закъснителния детонатор както при неелектрическата система, така и с медните проводници на електродетонатора към тротилната пресовка.

Извършените предварителни опити, както с неелектрическата система, така и с новоразработваната технология

показаха надеждност на цялата система, като се постигнаха всички очаквани резултати.

**Разработване на нова схема на взривяване на взривното поле**

Схемата на взривяване по новата технология се разработва в съответствие с възприетите и съгласувани ограничителни условия.

Основната задача е да се използват изцяло милисекундните ефекти, което е заложено и при двете предлагани технологии .

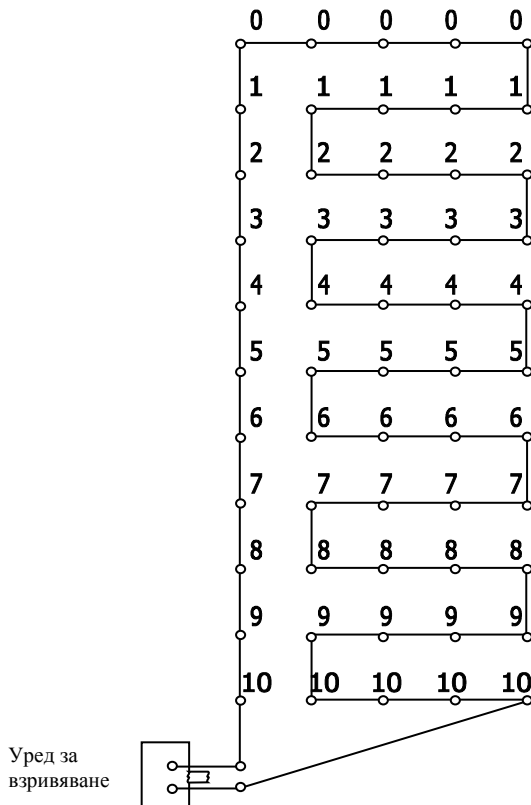
Съгласно възприетите ограничителни условия се предвижда взривните полета да се изграждат до 60-80 броя сондажи, като с една степен на закъснение се взривяват до 3-5 броя сондажи и не повече от 300-600 kg взривно вещество.

Същите изходни начала се използват и при неелектрическата система, като в разклонителните закъснителни кутии /конектори/ на повърхността могат да се поставят 3-4 броя отклонения.

Основните параметри на новата схема на взривяване са:

- Общ брой на сондажите в едно поле-60-80 бр.
- Максимален брой сондажи, взривявани с едно закъснение – 3-5 броя;
- Използвани електродетонатори тип ЕДМП с минимум 10 степени с интервал на закъснение 25ms.

На фиг 3 е дадена примерна схема на милисекундно взривяване и начин на свързване на електродетонаторите предлагани за експериментиране и внедряване в кариера "Скакавица".



*Фигура 3. Електро взривна мрежа за милисекундно взривяване за първични взривни работи*

В зависимост от броя на сондажите и редовете могат да се правят и други различни комбинации.

Понастоящем в кариера "Скакавица" се работи с уреди за взривяване тип Л - 200, които преодоляват 250  $\Omega$  съпротивление като осигуряват импулс над 18 A<sup>2</sup>ms, при сигурен ток 2 А.

Тези уреди удовлетворяват изискванията при взривяване до 60-80 броя електродетонатори в последователна верига.

За работа с по-голям брой детонатори, както и от гледна точка на сигурност се предлага да се работи с уреди за взривяване тип Л-300.

На таблица 1 са дадени основните характеристики на уредите за взривяване, тип Л-200 и Л-300

Таблица 1 Технически характеристики на уредите за взривяване, тип Л-200 и Л-300

В резултат на разработването и внедряването на новата технология за първични взривни работи в кариера "Скакавица" с прилагане на милисекундно разрушаване на скалния масив могат да се направят следните основни изводи:

1. Относителния разход на взривно вещество за добив на 1м куб. скална маса се намали с около 25-30%
2. Вредните газо-прахови емисии отделящи се в околната среда се намалиха с над 30%
3. Сеизмичното въздействие върху околната среда и разлета на късове се намали с над 2 пъти
4. Взривения материал е с значително по добра раздробяемост като свръхгабаритните късове се намалиха с над 30%
5. Общите разходи за извършване добива на инертен материал се намалиха с около 20 % като се повиши надеждността на добивните работи в кариера "Скакавица".
6. Разработената технология може да се прилага и се прилага понастоящем и в други кариери за добив на инертни материали.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Лазаров Сл., 1988. Взривни работи, изд. *Техника*.
- Лазаров Сл., Камбурова Г. 2001 "Технологичен проект за нова технология за първични взривни работи в кариера "Скакавица" с прилагане на милисекундно разрушаване на скалния масив", *програма на Еколинкс*.

Препоръчана за публикуване от катедра  
"Открито разработване на полезни изкопаеми и взривни  
работи", МТФ

# ORGANIZING EFFECTIVE AND ECOLOGICALLY FRIENDLY PRIMARY BLASTING OPERATIONS FOR EXTRACTION OF INTERT MATERIALS

**Gergana Kamburova**

University of Mining and Geology  
"St Ivan Rilsky"  
Sofia 1700, Bulgaria

**Slavcho Lazarov**

University of Mining and Geology  
"St Ivan Rilsky"  
Sofia 1700, Bulgaria

## ABSTRACT

The technology for Effective and Cleaner Primarily Blasting for Extraction of Inert Materials at the Skakacitsa Rock Quarry, part of the Bulgarian Rail Road Company, was developed, tested and implemented as part of the work performed under project sponsored by Ecolinks, initiative of the US Agency for International Development.

The up till now used technology for primary blasting at Skakavitsa quarry utilized detonating cord connected to doubled blasting circuit on the surface of the blasting field and two clinches detonating cord attached to the blasting cap in each borehole. The delay was achieved through time-delay device for the detonating cord. This technology required relatively large spending on explosives, poor fragmentation of the rocky mass, considerable rock scattering, large air blast and seismic effect.

The newly developed technology for millisecond demolition of the rocky mass incorporating charge initiation from the bottom, introduced effective and ecologically friendly blasting operations suitable for the quarry's conditions. The technology's main objectives were as follows:

1. Reducing the average cost of explosives for extraction of 1m<sup>3</sup> compact rock mass by 25-30%;
  2. Decreasing, by approximately 30%, the harmful gas-dust emissions in the environment released during primary blasting;
  3. Decreasing, by over 50% the seismic effects of blasting on the environment, buildings, and equipment at Skakavitsa quarry;
  4. Decreasing, by approximately 30%, the production of oversize rock that requires secondary blasting, as well as achieving more uniform fragmentation of the rock mass produced;
  5. Sharp reduction of flying rock pieces in the blasting field and the related air blast by approximately 50%;
  6. Reducing, by over 20%, the cost of extraction of inert materials and improving the production efficiency of Skakavitsa quarry.
- The implementation of the new technology improved considerably the rock production process at the Skakavitsa quarry.

The technology for Effective and Cleaner Primarily Blasting for Extraction of Inert Materials at the Skakacitsa Rock Quarry, part of the Bulgarian Rail Road Company, was developed, tested and implemented as part of the work performed under project sponsored by Ecolinks, initiative of the US Agency for International Development.

The objectives of the newly developed technical process and technology were:

1. Execution of full millisecond demolition of the rocky mass with the most appropriate delay interval.
2. Substantial reduction of the seismic effect of blasting within the allowable limits of 10-15 mm/s total velocity.
3. Sharp reduction of the negative effects of flying rocky pieces on machines, technology and people as well as reducing the harmful gas-dust emissions in the environment.
4. Achieving better fragmentation of the rocky mass, resulting of better use of the blast energy.
5. Reducing the cost for explosives for demolition of 1m<sup>3</sup> compact rock mass.

The ultimate goal of the new process was to realize maximum gains of the widely practiced systems of millisecond demolition of the rocky mass, as instead of imported are used new, produced in Bulgaria blasting materials.

## ANALYSIS OF THE EXISTING AND UP TILL NOW USED BLASTING TECHNOLOGY

In recent years at the Skakavitsa quarry were developed and implemented various technological solutions as some of the more important are:

1. The drilling layout was changed from 2.5x2.5m - 2.5x3m to an average 3.5x 3.5m configurations of the charges as the cost for drilling was reduced considerably.
2. Developed and implemented was a new construction of the primer that replaced the previously used initiating charge of 2.2 kg "Amonit 6" (Lazarit) with 400g TNT cast boosters. As a result improved was the initiation of the main charge of explosive.
3. Eliminated were the detonating cord and No 8 detonator, previously used for the initial detonation, considerably improving work safety and effectiveness.
4. Discontinued were the usage of the expensive and not that reliable delay detonators type "Shuffler" import from Austria. Instead, introduced were Bulgarian millisecond electric detonators. The charges are detonated with a delay interval of 25 milliseconds between rows of blastholes.

In spite of the considerable improvements, the current technology has the following shortcomings:

1. The strong airblast and large sound effect, formed mainly by the blasting circuit of detonating cord laid on the ground and the wrongful initiation of the charges;
2. Considerable amount of flying rock pieces in the blasting field, which could damage the nearby equipment and poses a threat for workers in the field;
3. Extensive seismic effect on the environment as a result of the relatively large number of blastholes, detonating at the same degree at the current blasting scheme;
4. Frequent refuses on the main line of detonating cord, as well as misfired charges in the blastholes due to the inferior quality of the detonating cord. This caused frequent suspension of the work process, required multiple detonations of the same field, and doubling of the blasting circuit;

5. Ineffective utilization of the potential energy of the explosive due to the incorrect construction of the charges;
6. Relatively dense blast design, leading to increased cost of drilling.

These shortcomings are mostly caused by the following:

- 1) Incorrect, in light of the newest studies, construction and initiation of the charges.

Figure 1 illustrates the up till now used construction of the charges at the Skakavitsa Quarry. The charges occupy 2/3 of the lower section of the blasthole. The remaining 1/3 is filled with stemming consisting of the removed material at drilling.

The charge is initiated by 400g TNT cast booster connected to one or two coils of detonating cord that pass through the entire length of the blasthole (explosive and stemming). The detonating cord connects to the main line on the ground, which detonates with speed of over 5500m/s, as it reaches the bottom of the blasthole and initiates the booster. The main charge of explosive is then being initiated by the booster in an upward fashion.

Although this method is theoretically sound, when carried out in practice a combined initiation occurs, leading to few negative phenomena.

The passage of the detonating cord through the stemming with a speed of detonation of over 5500m/s spreads out the stemming prior to the detonation of the charge. Consequently, the stemming does not absorb the toxic gases released during the blast.

Even more importantly, the charge is not kept intact until initiated by the TNT booster. The detonation of the cord creates air blast affecting the charge in perpendicular direction, on its short side. The charge decomposes, becomes tighter, and partly detonates. Therefore prior to the actual detonation, the blasting agent deforms causing total disturbance of the blast. According to tests conducted by Swedish investigators this leads 25-30% lost of the potential power of the charge which means that there is 25-30% unnecessary expense for explosive. The results of these tests and analyses had led to development of more effective blast systems that take complete advantage of the power of millisecond demolition of the rocky mass without preliminary partial detonation of the charged explosive.

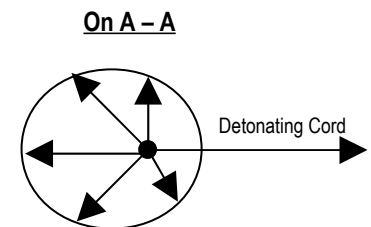
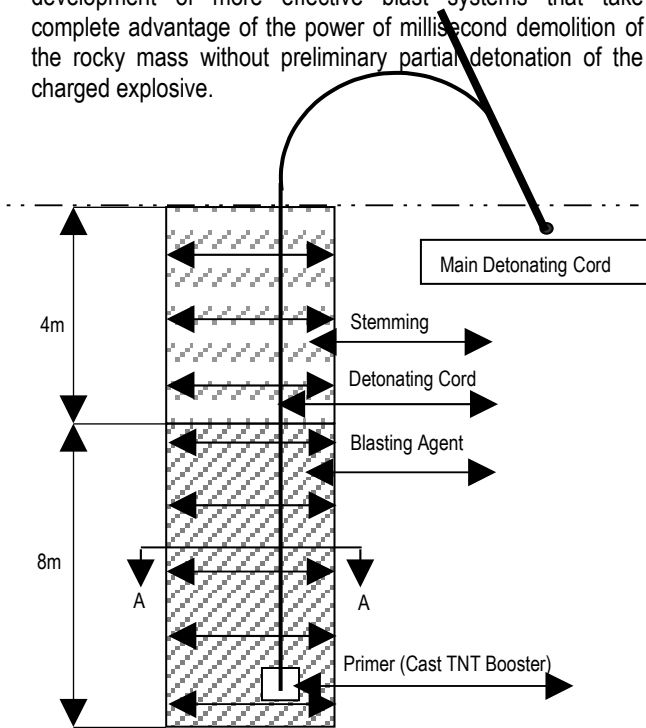


Figure 1: Charge construction and initiation with detonating cord.

- 2) Inefficient utilization of the millisecond delay to accomplish specific effects in blasting.

The up till now used millisecond delay design incorporates serial detonation. The main line of detonating cords are run along every row of blastholes as additional cords connect the charge with the main line. Each detonating cord on the ground is connected with one or two electric detonators of first to forth degree on the side of the blast field. When the delay interval between several rows of blastholes is the same, one detonator may connect two rows simultaneously.

This blast design is considerable improvement from the one previously used, however, it as well has number of weaknesses.

Firstly, one interval of millisecond delay is used to detonate large number of charges –from 12 to 20. This leads to relatively large seismic effect and poor fragmentation of the rocky mass.

Secondly, the large amount of detonating cord that detonates on the surface of the blast field causes substantial airblast, sound wave and flyrock.

Thirdly, the blasting circuit of detonating cord is not doubled although the inferior quality of the detonating cords leads to frequent refuses and the need of multiple detonations on the same rows of blastholes.

Based on the conducted investigation and analysis of the technological experience, abroad and at home, was developed new blast technology and process suitable for the conditions of the Skakavitsa quarry.

NEW BLAST TECHNOLOGY  
FOR SKAKAVITSA QUARRY



Based on the conducted preliminary research established were the following restricting conditions for the development of the new technology:

1. The number of concurrently detonated blastholes with first delay interval should be in the range of 2 to 6, as the optimal number is 3 to 5. This will help create better interaction between the charges, achieve better fragmentation of the rocky mass, will minimize the seismic effect and optimize the use of the blast energy.
2. The number of the blastholes at a single field should not exceed 60, as in particular circumstances they may reach but not exceed 80. This could be achieved by increasing the size of the blasting circuit and introducing ten degrees of delay; thereby satisfying the requirement that 3 to 5 blastholes are detonated at the same delay interval.
3. The resistance of the entire blasting circuit should not exceed  $350 \Omega$  using electric detonators with increased safety class P, safety current 0.45 A, steady current 2A and safety impulse 18-20 A<sup>2</sup> ms.
4. In order to minimize the seismic effect the overall amount of explosive in a delay interval should not exceed 600-800 kg.

#### New charge construction and initiation method

A key element of the new technology for primary blasting is the new construction of the charge and the method of its initiation.

The leading goal of the new process is to keep the charge of blasting agent intact until the booster initiates it. The same can be said about the stemming above it. This goal could not be achieved at the up till now used charge construction (fig.1) that utilized detonating cord for initiation of the TNT booster.

At non-electrical systems this issue is solved by using special non-electric cord, which:

1. Takes initiation by blasting cap detonator № 8;
2. Transmits detonation to blasting cap placed at its base;
3. Has a detonation speed of 2000 m/s, but due to its construction it does not break down and does not create blast effects on the ground.

The non-electric cord connects the delay detonator to the loaded in the blasthole charge. The primer is constructed by portion of the non-electric cord and the TNT booster. The initiation of the entire charge of explosive is carried out from down up, as the column of blasting agents and stemming remain intact.

This system is very reliable, however the cost of the cord with length of 12-18m ending with the detonator is on average 2.5 – 3.0USD, which is rather high for Skakavitsa quarry. To achieve the exact same effect we have developed charge construction and initiation with Bulgarian materials.

Instead of detonating cord, as used in the current charge construction or non-electric cord for use with non-electrical circuit, the new construction utilizes electric detonators with

12m copper wire, ending with delay detonator. The new construction is given in Figure 2.

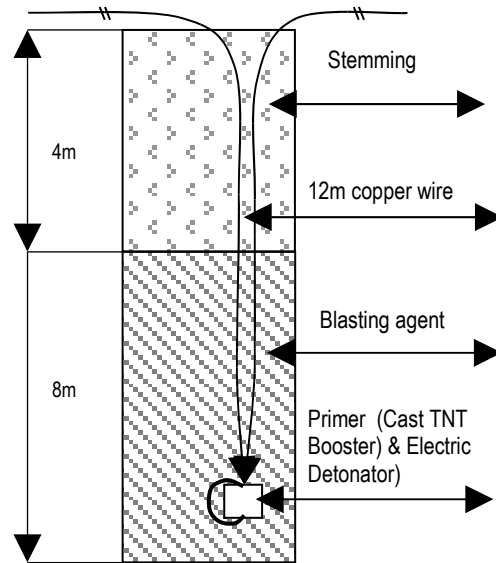


Figure 2: New charge construction for millisecond blasting circuit

#### The similarities with the non-electric system are:

6. The charge of the blasting agent remains intact until detonation;
7. The stemming remains intact until the blast and completely satisfy its functions;
8. The charges are initiated from below with the selected most appropriate millisecond delay;
9. The reliability of the blast has been increased;
10. Better utilization of the power of the blasting agent with 25-30%.

#### The differences with the non-electrical system are:

1. At the non-electrical system the delay detonator for the cast TNT booster is initiated by the detonation of the non-electric cord, whereas at the electric system initiation is carried out by electric detonator, class P with intrinsic safety;
2. At the non-electrical system the blasting system is composed of additional connection boxes (connectors) with pieces of non-electric cord and blasting cap detonator while the new blasting circuit is composed from the wiring of the electric detonators.

Preliminary investigations, performed during the development phase of the new charge construction, suggested more optimal connection pattern between the delay detonator with both the non-electrical and electrical blasting circuit.

Tests with both systems demonstrated reliability of the entire blast design as all expected results were attained.

#### New design of the blasting field

The main objective of the new blast design is to fully utilize the effects of the millisecond blasting which is the foundation for the two proposed technologies.

In accordance with the established restrictions, the blasting field has been designed with 60 to 80 blastholes, as the same delay interval detonates 3 to 5 blastholes and no more than 300-600 kg blasting agent.

The non-electrical system is based on the same basic restrictions. The delay boxes on the blasting field could have 3 to 4 connectors.

The key parameters of the new blast design are:

1. The total number of blastholes on the blasting field is between 60 and 80.
2. The maximum blastholes detonated with one delay interval are 3 to 5;
3. The electrical detonator is of 10 degrees at a minimum and has delay interval of 25ms.

Figure 3 represents an example of millisecond blasting circuit that was proposed for experimentation and implementation at Skakavitsa quarry. The particular blast design depends on the number of the blastholes within and between rows.

At present work at Skakavitsa quarry is being done using blasting machines type L-200, having resistance 250 Ω, providing impulse over 18 A<sup>2</sup>ms, and safety current 2 A. This blasting machine satisfies the requirements for 60 to 80 electric detonators in series.

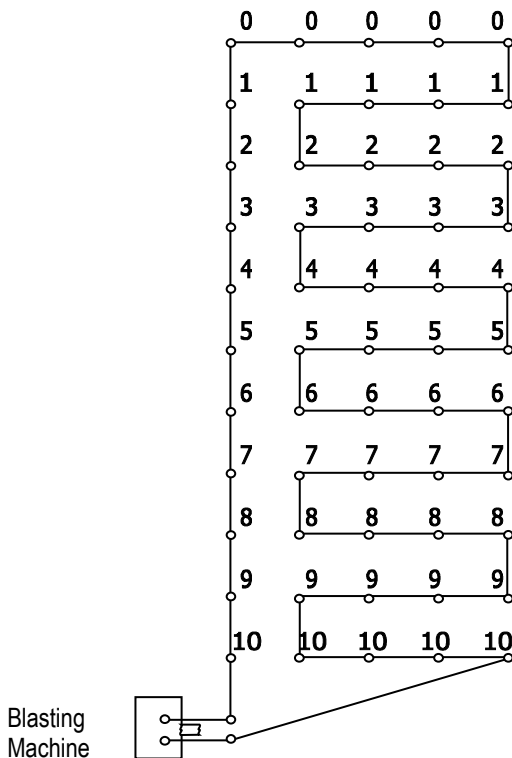


Figure 3: Blasting circuit with millisecond detonation for primary blasting operations.

When more detonators are being detonated in series, as well as from consideration for increased work safety we recommend blasting machine type L-300. Table 1 lists the

main parameters of the blasting machines types L-200 and L-

Parameters	L-200	L-300
1. Mass, kg	1,6	1,6
2. Tension, V	900±50	1200±50
3. Capacity, mF	16	16
4. Energy, Y	6,48	11,52
5. Maximum resistance in series of Electric Detonators, class P, Ω	250	370
6. Maximum amount Electric Detonators with 12m copper wire:	80	100
▪ in series	120	148
▪ in two parallel series	>18	220
7. Safety impulse at electricity 2A, A <sup>2</sup> ms	>18	>18

300.

Table 1: Technical parameters of blasting machines types L-200 and L-300

As a result of the development and implementation of the new technology for primary blasting operations at the Skakavitsa quarry utilizing millisecond demolition of the rocky mass can be summarized as follows:

7. Reduced was the average cost of explosives for extraction of 1m<sup>3</sup> compact rock mass by 25-30%;
8. Decreased were by approximately 30%, the harmful gas-dust emissions in the environment released during primary blasting;
9. Decreased were, by over 50% the seismic effects of blasting on the environment, buildings, and equipment at Skakavitsa quarry;
10. Decreased were by approximately 30%, the production of oversize rock that requires secondary blasting, as well as achieving more uniform fragmentation of the rock mass produced;
11. Reduced were the flying rock pieces in the blasting field and the related airblast by approximately 50%;
12. Reduced were by over 20%, the cost of extraction of inert materials and improving the production efficiency of Skakavitsa quarry.

The newly developed technology is applicable and it currently being used in other quarries for extraction of inert materials.

## REFERENCES

- Lazarov, Slavcho. 1988. Blasting Operations. Sofia: Tehnika
- Lazarov, Slavcho and Kamburova, Gergana. 2001. "Manual for Best Management Practices for Extraction of Inert Materials at Skakavitsa Quarry". Ecolinks project.

