



МИННО-ГЕОЛОЖКИ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. ИВАН РИЛСКИ“

МИННОТЕХНОЛОГИЧЕН ФАКУЛТЕТ

КАТЕДРА: ОТКРИТО РАЗРАБОТВАНЕ НА ПОЛЕЗНИ ИЗКОПАЕМИ И ВЗРИВНИ РАБОТИ

Маг.инж. Цветан Велков Балов

**ОПТИМИЗАЦИЯ НА ПАРАМЕТРИТЕ НА ПРОБИВНО-ВЗРИВНИТЕ РАБОТИ
В РУДНИК „ЧЕЛОПЕЧ“**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

на дисертация за присъждане на образователна и научна степен "Доктор"
Професионално направление: 5.8 „Проучване, добив и обработка на полезни изкопаеми“,
Научна специалност: „Техника и технологии на взривните работи“

Научен ръководител:
проф. д-р инж. Ивайло Копрев

Научен консултант:
проф. д-р инж. Драгомир Стефанов

СОФИЯ, 2021 г.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита от Разширен катедрен съвет на катедра „Разработване на полезни изкопаеми“ към Миннотехнологичен факултет на МГУ „Св. Иван Рилски“, София, на 09.02.2021 г., съгласно Ректорска заповед Р-91/08.02.2021 г.

Публичната защита на дисертационния труд ще се състои пред Научно жури, утвърдено със заповед № на Ректора на МГУ „Св. Иван Рилски“ и ще се проведе на от часа в зала 220 на Миннотехнологичен факултет, МГУ „Св. Иван Рилски“, София.

Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се в канцеларията на Сектор „Следдипломна квалификация“ на МГУ „Св. Иван Рилски“, Ректорат, ет. 3, стая № 79, тел. 02/ 80 60 209.

Утвърденото Научно жури е в състав:

1. Проф. дн Валери Митков – вътрешен
2. Доц. д-р Евгения Иванова Александрова – вътрешен
3. Проф. д-р Станчо Петков Петков - външен
4. Проф. дтн Боян Миланов Петков – външен
5. Проф. дтн Георги Василев Бахчеванов – външен

Резервни членове:

1. Доц. д-р Петър Кръстев Шишков - вътрешен
2. Проф. д-р Зоран Деспотов – външен

РЕЦЕНЗЕНТИ:

1.
2.

Дисертантът е на самостоятелна подготовка към катедра „Разработване на полезни изкопаеми“ на Миннотехнологичен факултет.

Изследванията по дисертационната разработка са направени от автора.

Автор: маг.инж. Цветан Велков Балов

Заглавие: ОПТИМИЗАЦИЯ НА ПАРАМЕТРИТЕ НА ПРОБИВНО-ВЗРИВНИТЕ РАБОТИ В РУДНИК „ЧЕЛОПЕЧ“

Тираж: 50 броя

СЪДЪРЖАНИЕ НА АВТОРЕФЕРАТА

I. ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД	4
Актуалност на проблема	4
Цел на дисертационния труд, основни задачи и методи за изследване	4
Научна новост	5
Практическа приложимост	5
Апробация	5
Публикации	5
Структура и обем на дисертационния труд	6
II. СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД	7
ГЛАВА 1. СЪВРЕМЕННО ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ОСОБЕНОСТИ НА ВЗРИВНОТО РАЗРУШАВАНЕ НА ТВЪРДА СКАЛНА СРЕДА	7
1.1. Съвременни възгледи на взривното разрушаване на твърда скална среда	7
1.2. Параметри на средата и на вълните на напрежения, характеризиращи действието на взрива в скалния масив	8
1.3. Актуалност на въпроса, свързан с взривното разрушаване на скалния масив в условията на рудник „Челопеч“	9
1.3.1. Анализ на технологията на отбиване на рудата и параметрите от Паспорта на пробивно-взривните работи в рудник „Челопеч“	9
1.3.2 Ред на изземване на камерите. Модулна камера	11
ГЛАВА 2. ТЕНДЕНЦИИ ЗА ОПТИМИЗИРАНЕ НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ ОТБИВАНЕ НА РУДА С ПРОБИВНО-ВЗРИВНИ РАБОТИ	13
2.1. Влияние на състоянието на големината на откритата плоскост върху резултатите от отбиването	13
2.2. Действие на удължен заряд в монолитна, напукана и слоеста среда	15
2.3. Закон за привеждане на теглото на заряда	18
2.4. Прогнозиране на нарушенията чрез пиковата скорост на частиците	18
2.5. Моделиране на взривното натоварване	18
2.6. Моделиране на цилиндричен заряд	19
2.7. Методика и измерителна система за пряко измерване на параметрите на взривния импулс в масива	19
ГЛАВА 3. РАЗРАБОТВАНЕ И ПРИЛОЖЕНИЕ НА МЕТОДИКА ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ПАРАМЕТРИТЕ НА ВЗРИВНИТЕ ВЪЛНИ	24
3.1. Използвано оборудване	24
3.2. Местоположение и монтаж на измерителите.	24
3.3 Измерителна схема за условията на рудник „Челопеч“	25
3.4. Паспорт за зареждане на камера 5С отрезно пространство	26
ГЛАВА 4. АНАЛИЗ НА ПОЛУЧЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ ОТ ЕКСПИРЕМЕНТАЛНИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ В РУДНИК „ЧЕЛОПЕЧ“	28
4.1. Данни от извършени измервания и анализ на данните	28
4.2. Паспорти за зареждане на камера 5С ветрила 20-21 долна част	30
4.3. Паспорти за зареждане на камера 5С ветрила 16-22 горни части.	34
4.4. Оценка на динамичните въздействия от взривни работи.	40
4.5. Раздробяване на рудата	40
4.6. Среден размер на къса и количество негабарити	43
4.7. Постигнати резултати	44
ОСНОВНИ ИЗВОДИ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ	45
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	47
НАУЧНИ И НАУЧНО ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ	48
ПУБЛИКАЦИИ, СВЪРЗАНИ С ТЕМАТА НА ДИСЕРТАЦИЯТА	48
ЛИТЕРАТУРА	49

I. ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Актуалност на проблема

Подземният начин на разработване се прилага на дълбоко залягащи находища или на вечно замръзнали наноси, когато откритият начин на разработване не е ефективен. Подземният начин на разработване включва прокаране на подземни минни изработки, които създават достъп до полезното изкопаемо и условия за добиването и извличането му на земната повърхност. Те служат за транспортиране на скали и хора, на различни материали, разполагане на минните машини, изпомпване на подземните води и подаване на въздух под земята за проветряване и други.

Взривното отбиване е основна технология при добива на руда и ще остане такава и в бъдеще. Това изисква да се извършва ефективно управление на действието на взрива в скалния масив, за да се подобрят резултатите от него. Ефективното управление на отделянето на полезното изкопаемо от масива и раздробяването му чрез взривяване изисква дълбоко познаване на качествените и количествени характеристики на процеса.

Пробивно-взривните работи трябва да осигуряват: степента на разработване на взривявания материал в съответствие с параметрите на прилаганите съоръжения; оптимална форма и размери на купа взривен материал; висока икономичност и пълна безопасност на минните работи. Разнообразните минно-геоложки и миннотехнически условия, използваните съоръжения, специфичната ценност на полезното изкопаемо, начините за по-нататъшната преработка и други, обуславят необходимостта от прилагането на различни методи при взривните работи.

За осигуряване на безопасно и ефективно изпълнение на пробивно-взривни дейности пълно и точно трябва да се изготвя проектната и изпълнителна документация за взривяванията, да се наблюдават и регистрират резултатите от извършването им. Необходимо е да се следи за точността на пробиване на взривните дупки и сондажи, като се изясняват подробно причините за евентуалните отклонения. Също така трябва да се контролира спазването на паспортите за пробиване и зареждане, да се документира раздробяването на отбитата руда, като резултатите се обработват със специализиран софтуер. При необходимост трябва да се извършват сеизмични наблюдения и да се регистрират взривно-сеизмичните колебания, като се следи пиковата скорост на частиците да не превишава допустимите стойности. Събраната, обработена и анализирана информация ще доведе до изводи за необходимите корекции и изследвания, които трябва да се извършат, с цел усъвършенстване на прилаганите методи и параметри на пробивно взривните работи и подобряване на ефективността им при спазване на изискванията за безопасност.

Цел на дисертационния труд, основни задачи и методи за изследване

Целта на дисертационния труд е **Оптимизация на параметрите на пробивно-взривните работи в рудник „Челопеч“**.

За постигане на поставената цел са решени следните основни задачи:

1. Изследване на тенденциите за оптимизиране на резултатите от отбиване на руда с пробивно-взривни работи
2. Разработване и приложение на методика за измерване на параметрите на взривните вълни при

- увеличаване на линията на най-малко съпротивление с цел оптимизиране на количеството взривна енергия;
- увеличаване разстоянието между краищата на взривните дупки и сондажи;
- подобряване на зърнометрията от икономическа гледна точка, като крайният резултат в следствие на приложените промени в реална среда е повишаване на зърнометричния състав, а в същото време процентът негабарити остава същия.
- подобряване на ефективността на пробивно-взривните работи при спазване на изискванията за безопасност.

3. Анализ на получените резултати от експерименталните изследвания в рудник „Челопеч“.

За решаване на поставените задачи ще бъдат използвани познания от следните научни области: математичен анализ; числени методи; статистически методи за обработка на експериментални данни; компютърно моделиране; визуално програмиране и други.

Научна новост

1. Формулирани са теоретичните основи на тенденциите за оптимизиране на резултатите от отбиване на руда с пробивно-взривни работи
2. Разработена е методика за измерване на параметрите на взривните вълни при различни параметри на взривните ветрила

Практическа приложимост

Приложена е разработената методика на изследване с използване на съвременна апаратура, 6 триосни геофона и сеизмична апаратура Minimate Blaster на фирма Instantel и SuperGraph на фирма NOMIS. Методиката е апробирана в реални условия в рудник „Челопеч“.

Извършено е преоразмеряване на параметрите на пробиване чрез увеличаване на линията на най-малко съпротивление и съответното нарастване на разстоянието между краищата на сондажите. Въз основа на това са проведени промишлени изследвания и анализ на получените резултати от нововъдената взривно-сондажна мрежа.

Експерименталните изследвания доказват оптимизиране на количеството взривна енергия, като е получено по-голям обем отбита руда на едно добивно ветрило с 9,5% и с 9,0% по-голям тонаж във ветрилото. С повишаването на разстоянието между ветрилата, намалява сумарната дължина на взривните сондажи с 9,0%. След извършените промени се установи, че се ограничава разходът за отбиване на 1 m³ руда с 18,0%, а отбитата руда от 1 линеен метър сондаж нараства с 19,8%. От постигнатите резултати се установява, че разходът на взривно вещество намалява с 9,0%, а относителният разход на взривно вещество намалява с 17,0%.

Апробация

Резултатите от дисертационната работа са реализирани в условията на рудник „Челопеч“ като промишлени експериментални изследвания.

Публикации

Основни постижения и резултати от дисертационния труд са публикувани в седем научни статии, от които две са самостоятелни. Другите пет публикации са в съавторство, като в четири от тях е на второ и в една от тях на трето място. Публикациите са представени както следва: Сборник с доклади от петата национална научна-техническа кон-

ференция с международно участие „Технологии и практики при подземен добив и минно строителство“, 4-7 Октомври 2016 г.; Сборник с доклади от петата национална научна-техническа конференция с международно участие „Технологии и практики при подземен добив и минно строителство“, 1-4 Октомври 2018 г.; 10th ANNIVERSARY WORLD CONFERENCE HELSINKI 2019, 15-18 September 2019; Международна научна конференция Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“ 18 Октомври 2019 г. и Сборник с доклади от петата национална научна-техническа конференция с международно участие „Технологии и практики при подземен добив и минно строителство“, 5-8 Октомври 2020г.

Структура и обем на дисертационния труд

Дисертационният труд е в обем от 134 страници, като включва увод, **четири** глави за решаване на формулираните основни задачи, списък на основните приноси, списък на публикациите по дисертацията и използвана литература. Цитирани са общо 124 литературни източници, като 73 са на латиница и 51 на кирилица. Работата включва общо 47 фигури и 16 таблици. Номерата на фигурите и таблиците в автореферата съответстват на тези в дисертационния труд.

II. СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

ГЛАВА 1. СЪВРЕМЕННО ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ОСОБЕНОСТИ НА ВЗРИВНОТО РАЗРУШАВАНЕ НА ТВЪРДА СКАЛНА СРЕДА

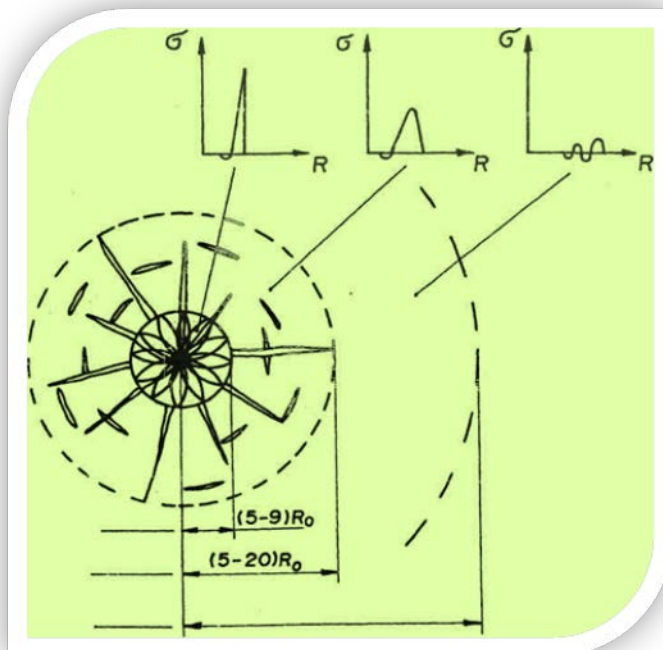
1.1. Съвременни възгледи на взривното разрушаване на твърда скална среда

Взривното отбиване е основна технология при добива на руда и ще остане такава и в бъдеще. Това изисква да се извършва ефективно управление на действието на взрива в скалния масив, за да подобрят резултатите от него.

Ефективното управление на отделянето на полезното изкопаемо от масива и раздробяването му чрез взривяване изисква дълбоко познаване на качествените и количествени характеристики на процеса. Извършените досега многобройни изследвания в областта на взривните работи (Друкований М.Ф. 1983 (15); Мосинец В.Н. 1976 (35); Радионов В.Н. и др. 1971 (42); Фадеенков Н.П. и др. 1985. (48)) и практиката в чужбина и у нас позволяват да се изясни в голяма степен качествено механизмът на взривното разрушаване, както и да се изведат редица количествени зависимости.

Разрушаващият ефект на взривния заряд зависи от свойствата на средата, от количеството и енергетичните характеристики на взривното вещество, от геометричните параметри на зарядите и от тяхното разположение в пространството и времето. Разрушаващи фактори са вълните на напрежения, излъчени в средата от взрива, както и разширяващите се продукти на детонация. Характерно за процеса е, че отдалечаване от центъра на взрива, характерът на разрушаване се изменя. Схема на развитието на разрушителния процес е показана на фиг.1.1.1.

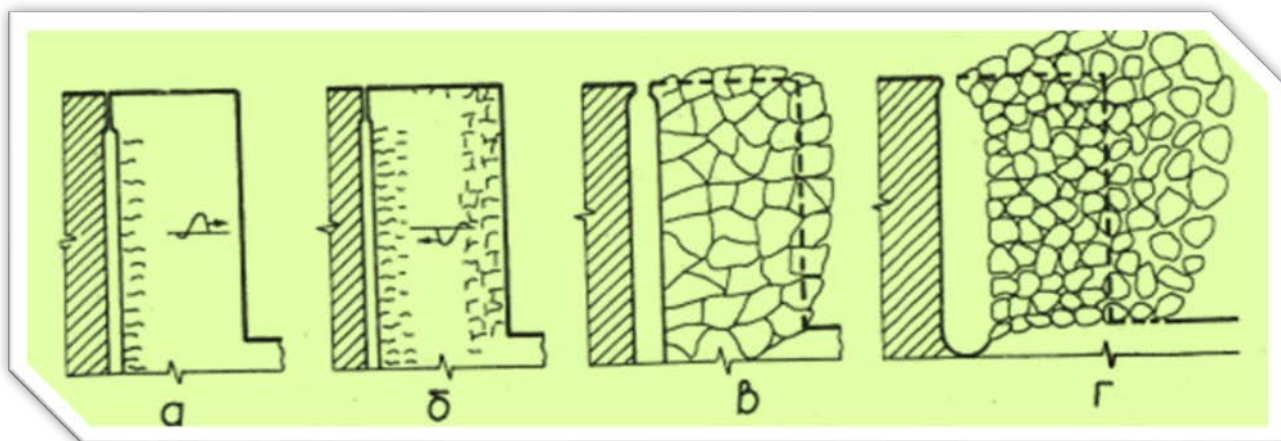
Зона на смачкване
Зона на напукване
Зона на сеизмично действие



Фиг. 1.1.1. Схема на развитието на разрушителния процес в безграничен масив, зони на действието на взрива и форма на вълната на напрежения

В резултат от детонация на взривното вещество налягането на образувалите се газове в зарядната камера рязко се повишава и стените и изпитват динамично натоварване, аналогично на явлението удар. Вследствие на това, в средата се разпространява радиално вълна на напрежения, създаваща натиск; около заряда се образува зона на пластични деформации с размери $(2 \div 9)R_0$ (R_0 – радиус на заряда), зарядното пространство увеличава обема си, а скалата в посочената зона се смачква и преуплътнява. Вълната на напрежения е със стръмен фронт. В много случаи тя се разпространява със свръхзвукова скорост, поради което се нарича ударна.

На разстояния по-големи от $(15 \div 20)R_0$, енергията на вълната, разпространяваща се в безграничен масив, не е достатъчна, за да се наруши връзката между частиците и да образува пукнатини. Скалата се привежда в колебателно движение и слоевете на средата само се разтърсват. Това е зоната на сеизмично действие на взрива, в която вълната създава значително намалени напрежения и затихващи премествания. Когато масивът не е безграничен, а съществува открита плоскост и енергията на взрива е достатъчна, за да се преодолее съпротивлението на средата до нея, върху разрушителния процес се проявява влиянието на границата на две среди с различаваща се плътност. В такъв случай процесът протича в няколко етапа.



Фиг. 1.1.2. Схема на развитието на разрушителния процес при наличие на открити плоскости

а – образуване на пукнатини зад фронта на натискова вълна; б – образуване на пукнатини зад фронта на отразената вълна; в – преместване на напукания масив към откритите плоскости; г – изхвърляне на разрушения материал.

1.2. Параметри на средата и на вълните на напрежения, характеризиращи действието на взрива в скалния масив

Върху развитието на взривно-разрушителния процес и на резултатите от него определящо влияние имат обемната плътност на скалата ρ (kg/m^3) и скоростта на разпространение на надлъжната вълна C_p (m/s). Взривното вещество оказва влияние на енергитичните си характеристики – топлина на заряда Q (J/kg) и скорост на детонация D (m/s). Под съвместното действие на тези две групи фактори се формира и разпространява вълната на напрежение (Власов А.Е., СА. Смирнов. 1962 (6); Друкованнй М.Ф., В.С. Куц, В.И. Ильин. 1980 (17); Мосинец В.Н., А.В. Абрамов. 1982 (34); Ханукаев А.Н. 1974.(50)).

Същественото влияние върху параметрите на вълната на напрежения оказват условията, при които се взривява зарядът: диаметър, плътност (наличие и големина на радиална или осова междина), наличие и големина на забивката, единично или групово взривяване, едновременно инициране или закъснение и др.

1.3. Актуалност на въпроса, свързан с взривното разрушаване на скалния масив в условията на рудник „Челопеч“

В рудник „Челопеч“ през 2005 г. е извършена смяна на подетажното обрушаване с камерна система, а от 2006 г. добивът на руда се извършва основно с прилагането на камерна система на разработване с последващо запълнение.

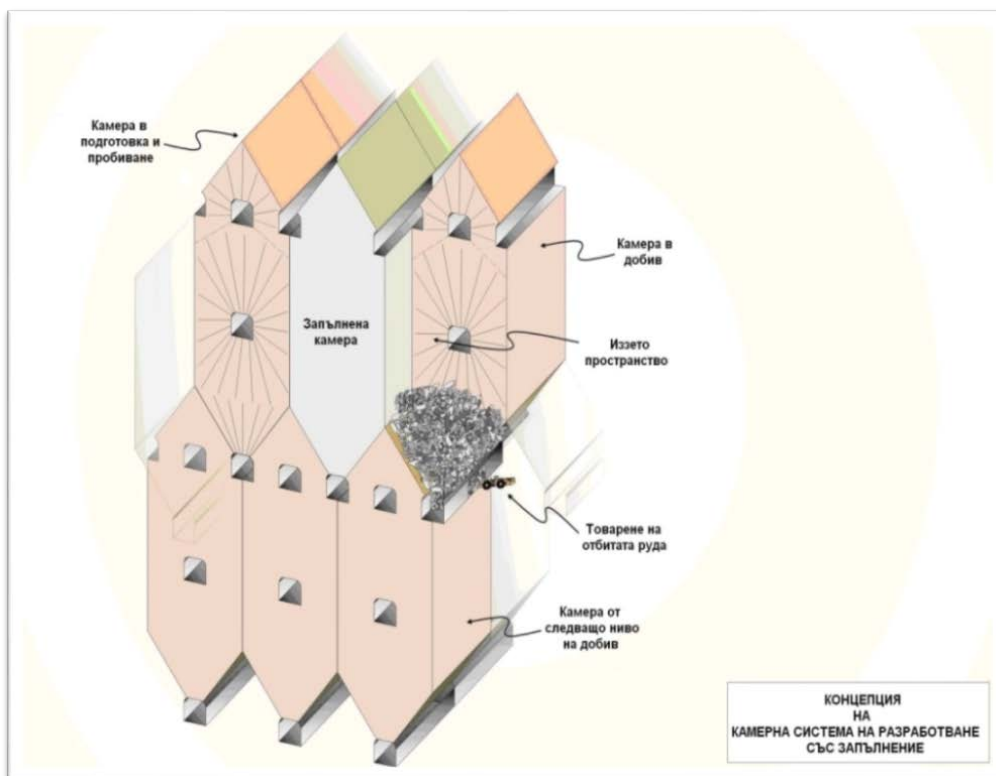
1.3.1. Анализ на технологията на отбиване на рудата и параметрите от Паспорта на пробивно-взривните работи в рудник „Челопеч“

Отбиването на рудата от камерата се осъществява с пробивно-взривни работи (ПВР). За целта в камерата се създава първично отрезно (компенсационно) пространство чрез прокарването на вертикален отрезен комин в единия край или в средната част на камерата.

Когато камерната система на разработване се прилага с последователност на изземване на първични и вторични камери, следва да се има предвид, че извършването на добивните дейности в първичните камери предизвиква преразпределение на напреженията в околния руден масив (в който се разполагат вторичните камери). Това може да доведе до силно влошаване състоянието на прокараните вече изработки за обслужване на бъдещите вторични камери, като се достига до няколкократно презакрепване на част от тях.

От тази гледна точка, възприетият първоначално подход след смяната на системата на разработване – всички подготвителни изработки да се прокарват предварително, е изоставен. Първо се прокарват подготвителните изработки, обслужващи целия етаж, като успоредно с тях се прокарват ортовете за първичните камери. Ортовете за вторичните камери се прокарват на принципа *just on time*, т.е. тогава когато станат необходими. По този начин разходите за поддържането им се намаляват.

Конструктивно системата на разработване включва две до три нива през 30 m нарезни изработки: горно за пробиване на низходящи взривни сондажи и за последващо подаване на запълвачен материал при запълване на камерите; междинно – за пробиване на взривни сондажи, като извозно ниво при изземването на камерата и като помощно междинно ниво при поетапно запълване на камерата; долно ниво – за пробиване на възходящи взривни сондажи и като основно извозно ниво на камерата. Таванът на камерите е конструиран с аркообразна форма за по-висока устойчивост.



Фиг.1.3.1. Концепция на камерната система на разработване със запълнение

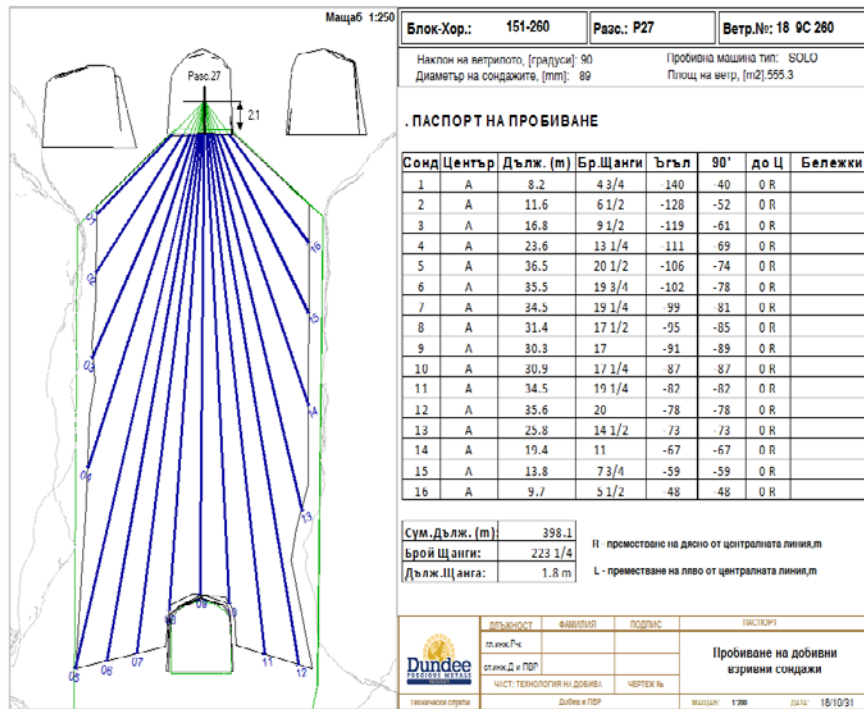
Отбиването на рудата от камерите се осъществява чрез взривяване на ветрилообразно или паралелно разположени сондажи с диаметър 89 mm по предварително изготвени паспорти на пробивно взривни работи. Сондажните заряди се изграждат също от взривна смес тип “Ексан” с междинен детонатор от лят бустер тип ЛБ-Д5-450 с маса 0,450 kg. Иницирането на зарядите се извършва с неелектрически детонатори тип “Nonel-MS,LP”, производство на “ОрикаМед”. Прилага се обратно инициране, като първо в дъното на сондажа механизировано се полага заряд с дължина 2-2.5 m, поставя се патрон-боевик, след което се изгражда основният заряд. Ако сондажите са по-дълбоки, през 10 m се поставят междинни детонатори.

При добивните работи, взривните сондажи се прокарват с електрохидравлична пробивна машина „Sandvik DL420-15C“, която е с възможност да пробива сондажни отвори с дълбочина до 54 m, с диаметър 89-127 mm, с разполагането им в пълно ветрило (360°) и с различен наклон на плоскостта на сондажите.

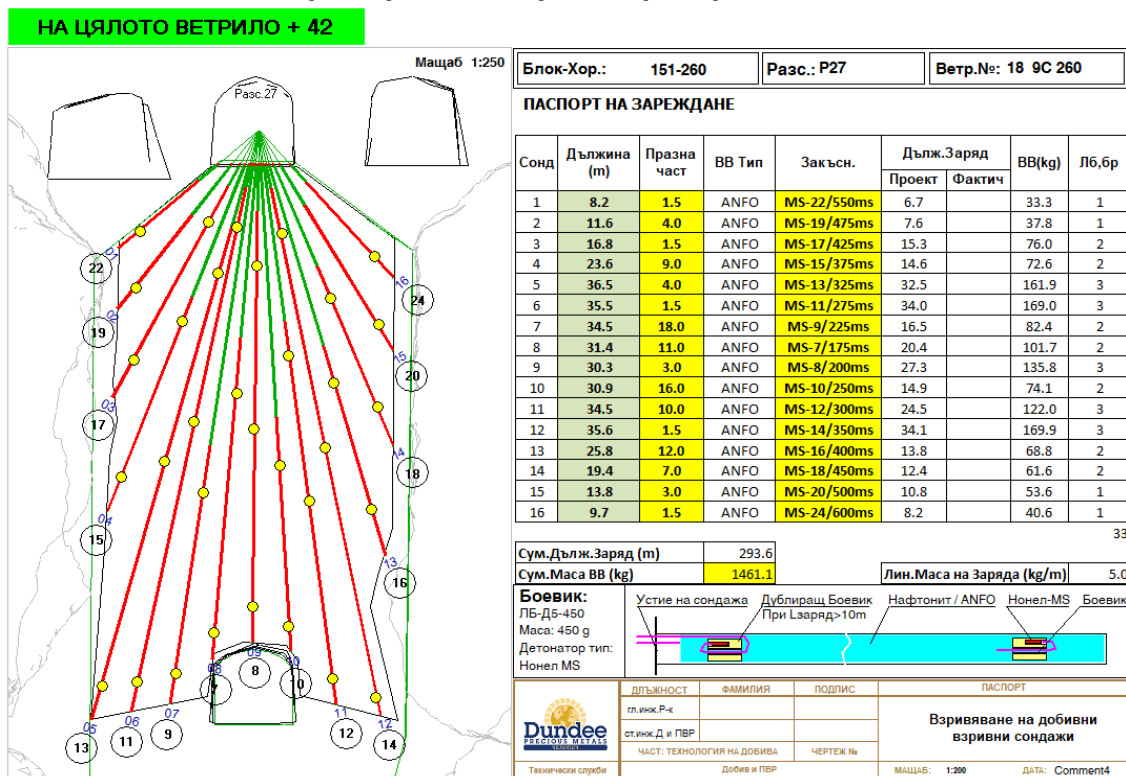
Във връзка с повишаване безопасността на труда при извършване на взривните работи, в рудник „Челопеч“ е въведена в експлоатация система за дистанционно взривяване на заредените забои и камери след извеждане на всички подземни работници и служители на повърхността.

Паспортите на пробиване и взривяване в рудник „Челопеч“ по вид и съдържание съответстват на високите стандарти в страните с развита минна промишленост.

Дава се общият метраж за пробиване, необходимият брой пробивни щанги и дължината на щангата. Готовият паспорт на пробиване се подписва от старши-инженера по пробивно взривни работи и се утвърждава от главния инженер на рудника. Примерен паспорт на пробиване и зареждане са дадени на фигура 1.3.1 и фигура 1.3.2.



Фиг. 1.3.1 Примерен паспорт на прокарване на сондажите



Фиг. 1.3.2 Примерен паспорт на зареждане на взривните сондажи

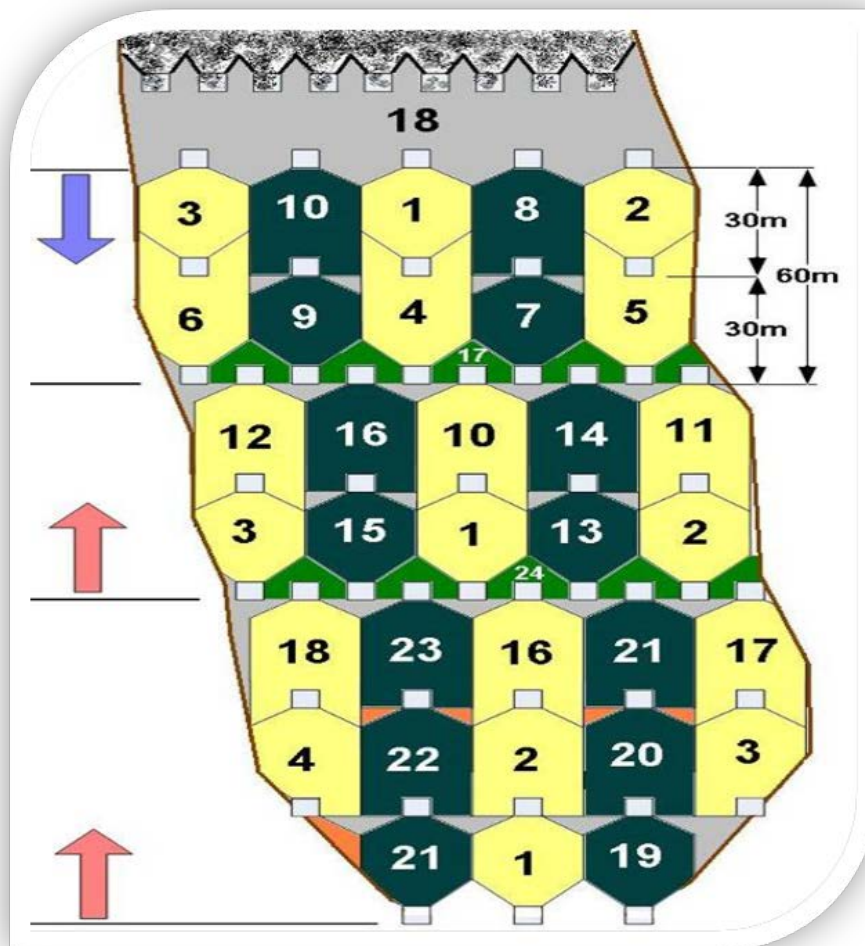
1.3.2 Ред на изнемване на камерите. Модулна камера

Изнемването на запасите в добивния участък се осъществява по предварително определена, анализирана и оценена схема на движение на забойната линия и изнемване на камерите. Достигането на планираната годишна производителност и осигуряването на устойчиво ниво на производството изисква добивните дейности да се извършват едновременно на няколко етажа, като подготвителните хоризонти се

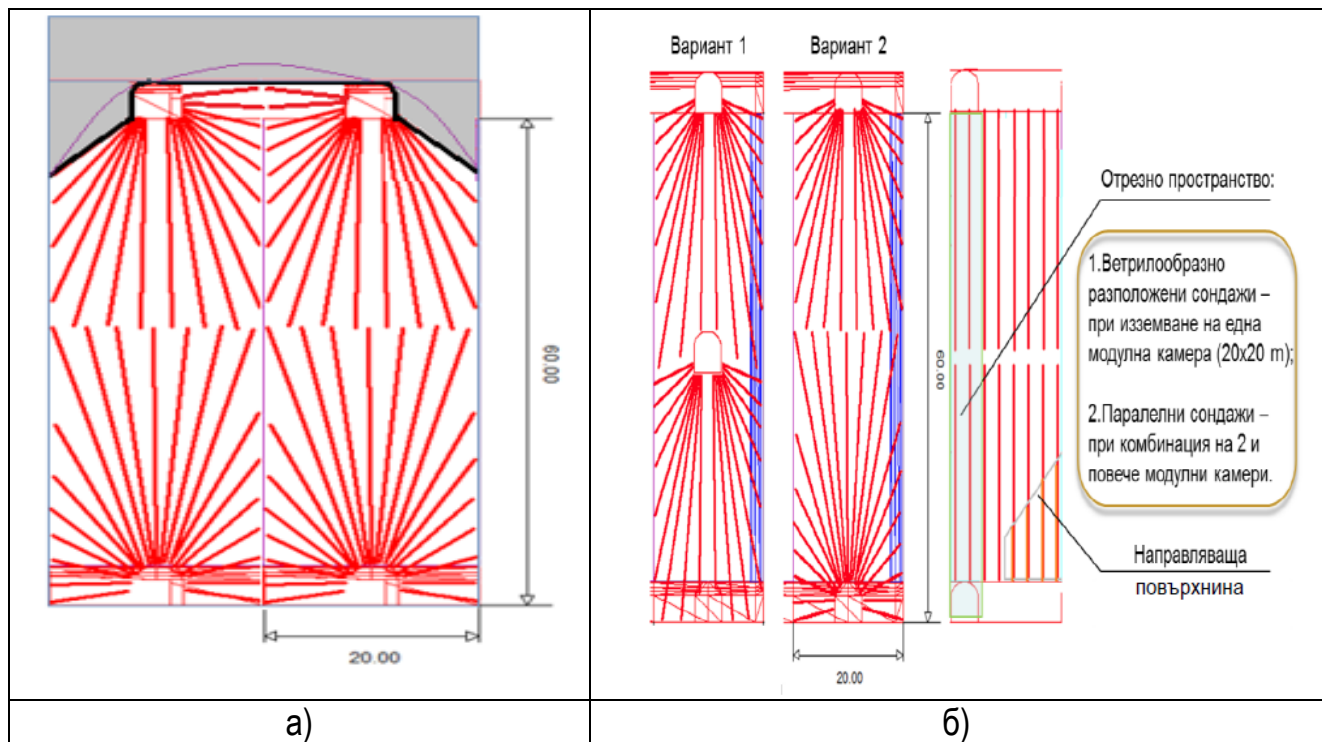
разполагат във височина през 60 m (2 подетажа по 30 m, в редки случаи, в зависимост от контурите на орудяването – през 3 подетажа). В хоризонтално направление последователността на изземване на добивните камери в рамките на етажа се осъществява от центъра към фланговете на рудното тяло, а във вертикално направление - с централно изпреварващо възходящо напредване на забойната линия (фиг.1.3.5).

Във връзка с повишаване ефективността на минно-добивните работи е необходимо оптимизиране на параметрите на добивните камери и начина на извозване на рудата от тях.

Концепцията в случая се основава на така наречената модулна камера с ширина и дължина, съответно 20 m x (20 ÷ 30) m (фиг.1.3.6 а). Височината, в зависимост от конфигурацията на рудното тяло и геомеханичните условия, варира от 30 m, 60 m, до 90 m. Въз основа на геомеханичната оценка за конкретното работно място, се преценява възможният брой съседни модулни камери в едновременен добив (обикновено до 2 бр.) (фиг.1.3.6 б)



Фиг.1.3.5. Концептуална схема за реда на изземване на добивните камери



Фиг.1.3.6 Концептуална схема на модулна добивна камера

ГЛАВА 2. ТЕНДЕНЦИИ ЗА ОПТИМИЗИРАНЕ НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ ОТБИВАНЕ НА РУДА С ПРОБИВНО-ВЗРИВНИ РАБОТИ

2.1. Влияние на състоянието на големината на откритата плоскост върху резултатите от отбиването

Откритата плоскост при отбиването на рудата представлява граница на две среди с различна плътност. Енергията, която преминава в отразената вълна се изразява с отношението:

$$E_{отр} = E_{пад} \frac{\rho_1 \cdot C_{p1} - \rho_2 \cdot C_{p2}}{\rho_1 \cdot C_{p1} + \rho_2 \cdot C_{p2}} \quad (2.1.1)$$

където: $E_{отр}$ – енергията на отразената вълна;

$E_{пад}$ – енергията на падащата вълна;

ρ_1 ; ρ_2 – обемна плътност, съответно на първата и втората среда;

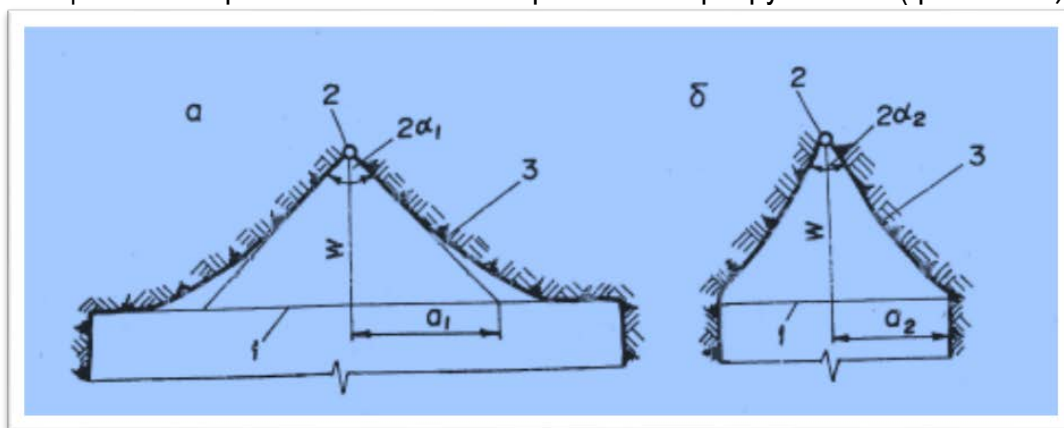
C_{p1} ; C_{p2} – скорост на разпространение на надлъжната вълна, съответно в първата и втората среда.

Създадените опънни напрежения в средата след отразяване на вълната са в състояние да предизвикат откъсване на скални късове от забоя ако откритата плоскост е достатъчно голяма, и ако към момента на достигане на отразената вълна до зарядното пространство скоростта на колебания е равна или по-голяма от критичната за дадения вид скала.

Когато големината на откритата плоскост е малка (както е в тесните забои), отбиването на рудата се извършва при т.нар. стеснени условия на работа на взрива. Те се изразяват в намаляване на разрушаващия се обем и увеличаване на задконтурното действие - извън проектния контур на отбиването. Стеснените условия се определят от геометричните параметри на пробивно-взривните работи - ширина на откритата плоскост, ъгъл на разрушаване и линия на най-малко съпротивление.

За да се компенсира отрицателното влияние на стеснените условия при извършване на взривните работи, следва ъгълът на разрушаване, който се получава при открита плоскост с достатъчно големи размери, да се запазва със същата големина. За да се постигне това, линията на най-малко съпротивление трябва да се коригира с коефициента на стеснените условия.

Коефициентът на стеснените условия в случая ще се определи от отношението между площите на напречните сечения на призмите на разрушаване (фиг. 2.1.1.):



Фиг. 2.1.1. Напречни сечения на призмите на разрушаване.

a - при открита плоскост с достатъчно големи размери; *б* - при малка открита плоскост (стеснени условия); 1 - открита плоскост; 2 - заряд; 3 - контури на призмата на разрушаване

Тогава линията на най-малко съпротивление, при която трябва да се отбива в стеснени условия, ще бъде:

$$W_{c.y.} = \frac{W}{K_c}, \text{ m}, \quad (2.1.4)$$

където: W е линията на най-малко съпротивление при достатъчно голяма открита плоскост, m ;

K_c – коефициентът на стеснени условия.

Докато отрицателното влияние на стеснените условия може да се отстрани чрез регулиране на геометричните параметри на пробивно-взривните работи, за намаляване на задконтурното действие на взрива следва да се отчитат и редица други фактори.

Тези изисквания се осъществяват, като се използват подходящи взривни вещества и оптимални условия на взривяване (плътност на заряда), а също така и като се имат предвид свойствата на средата.

Подходящи за случая могат да се считат нискобризантните, с невисока скорост на детонация взривни вещества, но с достатъчна концентрация на енергия в единица обем. При тяхното използване се образува намалена зона на смачкване около заряда, за сметка на по-силно изразено фугасно действие (Демидюк Г.П., Л.В. Дубнов, В.В. Стоянов и др. 1979 (14); Демидюк Г.П., В.Ф. Ведутин. 1973 (13); Комир В.М. и др. 1988 (21); Amadei A. 1998. (51)).

За обвързване на влиянието на детонационните характеристики на взривните вещества и плътността на заряда с практически резултати от взривните работи, както и

за обосноваване на разстоянията между зарядите и проектния контур на отбиването, следва да се изследва близката зона на действие на взрива.

Това е зоната на смачкване и изхвърляне на наситнения материал, която в действителност е зоната на прераздробяване. Оценка на големината на зоната около заряда може да се направи по израза, даващ връзката между размерите на зоната на смачкване, якостните и деформационни характеристики на скалата и големината на зоната на радиалните пукнатини (радиусите във формулата са безразмерни, т.е., отнесени са към радиуса на заряда R_0) (Безматерних В.А., Парамонов Г.П., В.М. Мальцев. 1988. (3))

$$\bar{R} = \bar{R}_{np} \frac{\mu}{1 + \mu} + \frac{\sigma_{н}}{\sigma_{оп}} \quad (2.1.5)$$

където \bar{R} – е относителен радиус на зоната на радиалните пукнатини

\bar{R}_{np} – относителен радиус на зоната на прераздробяване около заряда

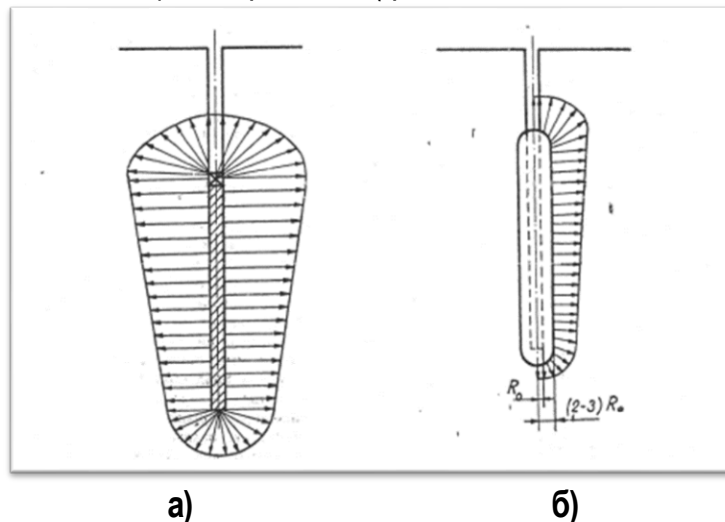
μ – коефициент на Поасон

$\sigma_{н}; \sigma_{оп}$ – якост на скалата, съответно на едноосен натиск и опън

2.2. Действие на удължен заряд в монолитна, напукана и слоеста среда

Формата на фронта на вълната на напрежения, разпространяваща се в масива, е подобна на формата на заряда - тя е съответно сферична — при съсредоточен заряд, или конично-цилиндрична - при удължен заряд.

В здрава монолитна среда цилиндричният заряд създава вълна на напрежения с коничен фронт, като конусът се разширява в обратна на детонацията посока. Известно време след прекратяването на детонацията, когато се е образувала зоната на смачкване, полето на напрежения около заряда има вида, показан на фигура 2.1.1 а. В следващия момент от време, когато налягането на газовете в зарядната камера се изравни, коничността на фронта намалява. На по-голямо разстояние от центъра на взрива формата му ще бъде близка до цилиндричната (фиг. 2.2.1.б).



Фиг. 2.2.1. Форма на полето на напрежения

а) към момента на завършване на детонацията на заряда; б) след образуване на зоната на смачкване

В напуканата среда действието на взривен удължен заряд се характеризира с локализиране на действието на вълната в границите на естествения блок от масива.

Ако е спазено условието

$$\delta > u \quad (2.2.1)$$

където: δ е формулата на разтовареност на пукнатината,
то

$$u = \int_0^{\tau} V_r(t) dt, \quad (2.2.2)$$

е големината на преместване на частиците. Вълната ще се отрази от ръбовете на пукнатината като от открита плоскост и енергията няма да се предаде на съседните късове. Скалните блокове, пресечени от заряда ще се раздробят от действието на правата и отразената вълни на напреженията, а съседните блокове - в радиално направление, в посока към откритата плоскост ще бъдат подложени на ударите на изхвърлените от продуктите на взрива късове.

В голяма част от случаите, полученият зърнометричен състав на взривената маса ще зависи в относително висока степен от естественото разпределение на пукнатините в масива. Ако то е неравномерно, най-често се подчинява на закона (Бирюков А.В., И.А. Паначев. 1985 (4); Мосинец В.Н., А.В. Абрамов. 1982 (34); Maynard B.C. 1990. (81)):

$$F(x) = \bar{n} \cdot e^{-nx} \quad (2.2.3)$$

където $F(x)$ – честота на разпространение на пукнатините;

\bar{n} – среден брой пукнатини в един метър.

За да се осигури устойчиво развитие на пукнатините при съответна акустична коравина на скалите, необходимата минимална енергия, която трябва да се вложи, е (Мосинец В.Н. 1976. (36)).

$$q = \frac{0,0123 \cdot \rho \cdot C_p}{Q_{ВВ}}, \text{ kg/m}^3, \quad (2.2.4)$$

където – q – е относителен разход на ВВ, kg/m^3 ;

$\rho \cdot C_p$ – акустична коравина, $\text{kg/m}^3 \cdot \text{m/s}$;

$Q_{ВВ}$ – потенциална енергия на взривното вещество, kJ/kg

Необходимите параметри на детонационната вълна, гарантиращи отделянето и разпространението на тази в зарядното пространство е:

$$P_{II} = 1,26 \cdot 10^{-3} \cdot \rho \cdot C_p - 1,7 \cdot 10^{-3}, \text{ МПа} \quad (2.2.5)$$

и скорост на детонация:

$$D = 2 \cdot 10^{-2 \frac{g}{\rho_{ВВ}}} \sqrt{(0,0126 \rho \cdot C_p - 1,7 \cdot 10^4)}, \text{ m/s}. \quad (2.2.6)$$

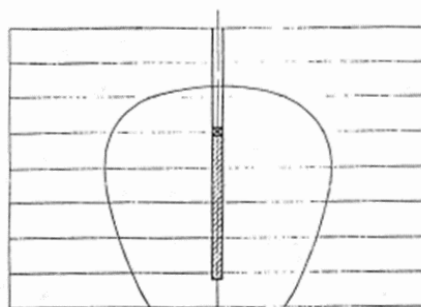
Плътноста на взривното вещество при известна скорост на детонация се определя по израза:

$$\rho_{ВВ} = \frac{4g(0,0126 \rho \cdot C_p - 1,7 \cdot 10^4)}{D^2} 10^4, \text{ kg/m}^3 \quad (2.2.7)$$

В слоеста среда механизмът на разрушаване се подчинява на комплексното влияние на свойствата на различните среди.

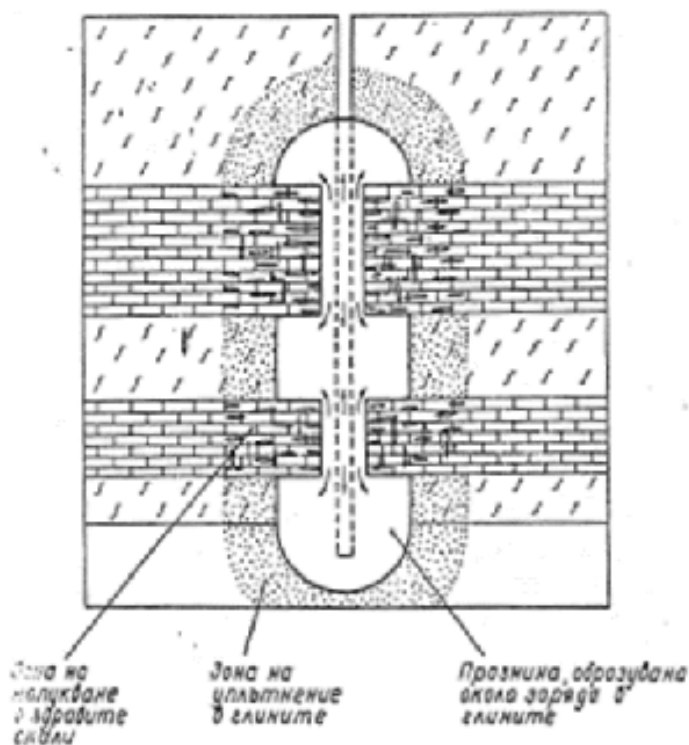
Аналогично, при взрив на удължен заряд в слоеста среда (фиг.2.2.3), скоростта на развитие на полето на напрежения в различните посоки ще е различна. Формата на

фронта на вълната ще се отличава от конусообразната, която се образува в еднородна среда. Фронтът на вълната ще бъде изтеглен по посока на наслявяването.



Фиг. 2.2.3. Форма на фронта на вълната на напрежения на удължен заряд в слоеста среда

Напреженията на фронта на вълната, които са пропорционални на скоростта на разпространение и на плътността на средата, в различните слоеве ще имат също различни стойности, като с отдалечаване от центъра те ще затихват. Ефектът от разрушаването в различните слоеве също ще се проявява различно. В слоевете от глина около заряда ще се образува празнина (фиг.2.2.4.) и зона на уплътнение, което, ако не е регламентирано като технологично изискване, представлява загуба на енергия. В здравите слоеве разрушителният процес ще се изрази в образуване на радиални и тангенциални пукнатини.



Фиг.2.2.4. Форма на полето на напрежения в слоеста среда от глина и варовици

Увеличаването на обема на зарядното пространство в слоевете от глина е значително - радиусът на празнината достига $(10 \div 12)R_0$. Поради това, налягането на газовете пада. Обемът на зарядната камера в здравите слоеве също нараства, но значително по-малко - до $(2 \div 3) R_0$.

2.3. Закон за привеждане на теглото на заряда

Persson, P. и R. Holmberg (1994) (95) изследват зависимостта между пиковата скорост на частиците и разстоянието от взривния заряд. Изследването показва, че скоростта на частиците намалява с разстоянието и може да бъде прогнозирана със следното уравнение, което е известно като Закон за привеждане на теглото на заряда.

$$PPV = \frac{KW^\alpha}{R^\beta} \quad (2.3.1)$$

където: *PPV* е пиковата скорост на частиците;

W - теглото на заряда;

R - разстоянието;

κ, α, β – константи, специфични за дадено място.

Константите зависят от материалните свойства на скалния масив на същото място и от мерните единици на теглото, разстоянието и пиковата скорост на частиците.

2.4. Прогнозиране на нарушенията чрез пиковата скорост на частиците

Прогнозирането на нарушенията, причинени от действието на взрива е сложна задача, тъй като оказват влияние голям брой фактори, включително якостта на масива, в която е разположен взривният сондаж, наличието на всякакви пукнатини и разломи в масива, размера на заряда и разстоянието между взривните сондажи и имат стохастичен характер.

Оценката на нарушенията, в зависимост от пиковата скорост на частиците се основава на предположението, че напрежението и следователно - нарушенията, са пропорционални на пиковата скорост на частиците. Тази връзка се изразява със следната проста формула за напреженията, създадени от вълната:

$$\sigma = \frac{PPV}{c} E \quad (2.4.1)$$

където: *σ* са напреженията;

PPV - пиковата скорост на частиците;

c - скоростта на разпространение на вълната;

E - модулът на еластичност (*Young's Modulus*);

2.5. Моделиране на взривното натоварване

Един от най-ранните модели е разработен от Joseph. A. Sharpe (1942) (66), който дава решение за разпределение на напрежението около сферичен експлозивен източник. Joseph. A. Sharpe моделира взривния източник чрез прилагане на налягането на преходна кухина към стената на сферична кухина. Използваната функция на налягането е приложена към стените на "еквивалентна кухина" вместо на физическите стени на самото зарядното пространство.

Kutter и Fairhurst (1971) (70)) също използват радиуса на "еквивалентната кухина". Авторите изследват процеса на образуване на пукнатини при експериментално взривяване и прилагат методите на числено моделиране.

2.6. Моделиране на цилиндричен заряд

Моделът, съставен от Joseph. A. Sharpe е за сферичен взрив. Обаче при моделирането за взривна дупка, е необходим модел на цилиндричен заряд. Starfield and Pugliese (1968) (115) моделират цилиндричен заряд чрез множество сегменти, всеки от които представлява сферичен заряд. Взривното натоварване е моделирано чрез прилагане на налягане със синусоидна вълнова функция към стените на кухината. Деформациите и напреженията във всяка точка след това могат да се определят числено. Моделите, прогнозирани от този модел, обикновено показват добро съответствие.

Zou и Harries (1990) (124) симулират цилиндричен заряд с помощта на поредица от сфери. Той изчислява радиалното напрежение, тангенциалното напрежение, аксиалното напрежение, енергията на деформацията на единица дължина и преместването, очаквани от низ от сферични заряди и сравнява резултатите с тези, очаквани за безкрайно дълъг цилиндър. Той намира, че разпределението на напреженията около цилиндър може да бъде симулирано с низ от сфери, ако сферите са със същия радиус като на цилиндъра и центровете на сферите са разположени на един радиус една от друга.

Динамична ситуация е моделирана чрез наслагване на резултатите от сферични заряди раздалечени на един радиус с време на закъснение между всяка сфера, съответстващо на скоростта на детонация на взривното вещество. Zou и Harries (1990) (124) намират, че за да се моделира правилно динамичният взрив, затихването и дисперсията трябва да бъдат взети под внимание. Това е постигнато чрез предложения от Kjartansson (1979) константен Q модел. С помощта на стойност на $Q = 4,5$, е установено добро съответствие между теория и експериментални резултати.

2.7. Методика и измерителна система за пряко измерване на параметрите на взривния импулс в масива

Съществуващите в практиката методи за количествена оценка на параметрите на вълните на напрежения се основават на известни зависимости от теорията на еластичността, по които се определят дължината на вълната, максималната радиална съставляваща на напреженията, абсолютното преместване на скалните частици, относителният импулс и енергията. За да се получат действителните стойности на тези параметри, е необходимо да се създаде измерителна система, чрез която да се измерят пряко в масива продължителността на действие на положителната фаза на вълната, скоростта на разпространението ѝ, както и скоростта на преместване на частиците или радиалните напрежения.

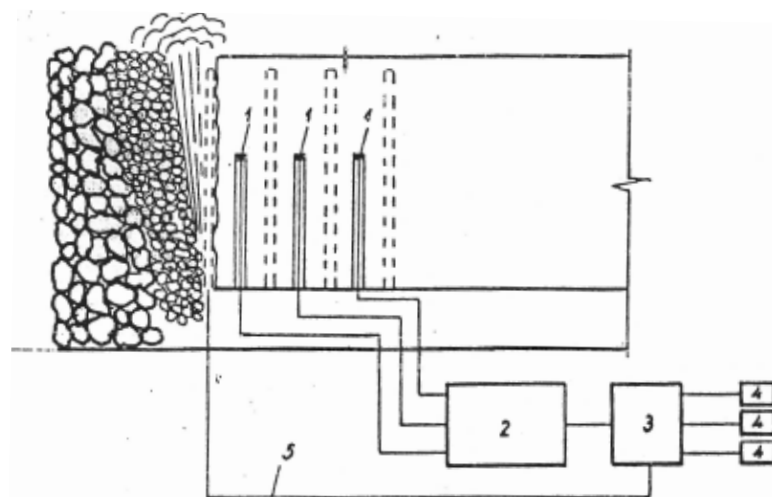
В зависимост от задачите на изследването, параметрите на вълните на напрежения се определят на различни разстояния от центъра на взрива — в зоната на еластичните деформации - за оценка на сеизмичното действие, или в зоната на разрушаване - между заряда и откритата плоскост - за оценка на разрушителния ефект. Поради това, измерванията в двата случая имат свои особености и изисквания към преобразувателите и регистриращата апаратура. В първия случай преместването, скоростта и напреженията имат относително малки стойности, за които датчиците са съобразени конструктивно.

Във втория случай измерваните параметри имат значително по-големи стойности. Датчиците, разположени в зоната на разрушаване, след подаване на сигнала си, се разрушават или повреждат, поради което се използват еднократно. Известните сеизмоприемници за измерване на скоростта на преместване от типа ВИБ-А не са подходящи в случая, тъй като те могат да се монтират само на открита плоскост и поради отдалечеността си от центъра на взрива, не могат да дадат информация за търсените параметри в същинската зона на разрушаване (Друкованнй М.Ф. и др. 1971(16); Конюхов Н.Е., Ф.М. Медников, М.Л. Негаевский. 1987(22); Мисник Ю.М., В.А. Боровиков, Е.Г. Карпунов. 1965.) (28)).

Към изискванията за работа на измерителната система трябва да се отнесе възможността тя да може да се отнесе използва и в подземни условия, при наличие на влага и прах. Освен това, поради краткотрайността на процеса, е необходимо да се осъществява синхронизация между момента на взрива и регистрацията на получен импулс.

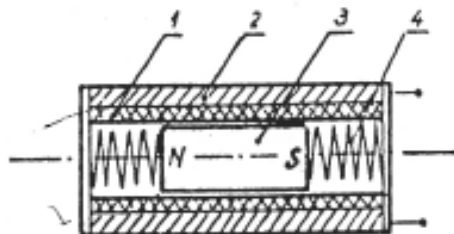
Такава измерителна система, която отговаря на гореизброените особености, е създадена и е проверена в подземни руднични условия (фиг. 2.7.1).

Системата се състои от приемащ елемент (датчик за скоростта на преместване), регистриращ уред и синхронизиращо устройство. За преобразуване на механичeskата величина в електрически сигнал е конструиран индукционен датчик. Едно от главните изисквания към него е да се осигури пропорционалност между измерваната величина и индуцираното електродвижещо напрежение (е.д.н.). Това се постига чрез специална конструкция на намотката, имаща известни предимства пред съществуващите в практиката подобни конструкции. Датчикът (фиг.2.7.2.) се състои от цилиндричен корпус, по външната повърхност на който е навита намотката. В кухината е поставен постоянен магнит, фиксиран от двата края на пружини. Между магнита и вътрешната повърхност на корпуса е осигурено максимално триене.



Фиг. 2.7.1. Система за пряко измерване на параметрите на взривните вълни в скалния масив.

1 - преобразувател; 2 - регистратор (шлейф); 3 - синхронизиращо устройство;
4 - захранващ блок



Фиг.2.7.2.Преобразувател за измерване на скоростта на преместване.
 1 - корпус; 2 - намотка; 3- постоянен магнит; 4 - пружина

Датчикът се монтира на определено място в скалния масив, в специално пробита за него дупка (сондаж), като е ориентиран с надлъжната си ос към центъра на взрива. При монтирането му в дупката се вземат специални мерки за осъществяване на здрав контакт със скалата. Когато вълната от взрива достигне до преобразувателя, бобината започва да участва в движението на средата. Поради инертността си и намаленото триене, постоянният магнит остава неподвижен. Изместването на намотките по отношение на неподвижен магнитен поток води до поява на индуцирано е.д.н.

Относителната скорост на постоянния магнит V спрямо намотката е равна на проекцията на максималната радиална скорост на преместване на средата върху надлъжната ос на датчика. При относителното си аксиално преместване, магнитът попада в други зони на бобината, с повече или по-малко навивки на единица дължина. Това изменя пълния магнитен поток Ψ , свързан с бобината и индуцира в нея е.д.н., което се регистрира. Броят на навивките на единица дължина по оста на бобината n , поради специфичната ѝ конструкция, нараства линейно от единия до другия край:

$$n = k.X \quad (2.7.1)$$

където: k е константа, а X е променливото разстояние по оста от началото на бобината.

Действителният магнитен поток ϕ , създаден от магнита, е постоянен, тъй като въздушната междина по пътя му остава постоянна за значителен интервал на изменение на величината X . Този интервал е избран така, че да е по-голям от очакваното преместване при измерването. Тогава пълният магнитен поток, свързан с бобината на датчика е:

$$\Psi = n.l.\phi = k.X.l.\phi \quad (2.7.2)$$

където: l е ефективната дължина на постоянния магнит.

Индивидуално е.д.н. в бобината се определя по израза:

$$e = -\frac{d\Psi}{dt} = \rho_{\text{ВВ}} = k.i.\phi \frac{dx}{dt} = k.l.\phi.v, \quad (2.7.3)$$

За регистрираща апаратура най-често се използват магнитоелектрически светлинно-лъчеви осциграфи (шлейфосцилографи), при които електрическият сигнал от датчика се преобразува в светлинен лъч, оставящ следа по фотолента или фотохартия, която се движи с определена скорост.

При описаните експерименти са използвани шлейфосцилографи Н-102 и Н-117, прилагани нееднократно от автора за изследвания от този вид.

Важен момент при изследване на еднократни, бързопротичащи процеси, какъвто е взривът, е синхронизацията на работата на регистриращата апаратура с момента на

иницииране и развитие на взрива. За да се извърши регистрацията на изследвания сигнал, след пускането на осцилографа трябва да се осигури определено време, през което лентата да достигне необходимата скорост, след което да се подаде импулсът за взривяване във взривната верига. Тук е необходимо да се спазва условието записът на процеса да е пълен при ограничена дължина на лентата.

На базата на натрупан опит по отношение на порядъка на изследваните параметри, е изработено техническо задание и е конструирано електронно синхронизиращо устройство. То се състои от времезадаващ, захранващ и изпълнителен блок и съответна сигнализация. Времезадаващият блок осигурява закъснение от 100, 250, 500 милисекунди за управление на изпълнителния блок, който подава захранване към електромагнитните елементи. Те пускат осцилографа в режим "снимка" след избраното закъснение и подават токовия импулс за взривяване. За избягване на смущения, захранването на регистриращата апаратура, синхронизатора и взривната верига е самостоятелно, без галванична връзка.

Елементите на измерителната система са тарирани със стендови изпитвания и са определени експлоатационните характеристики на преобразувателите и на синхронизиращото устройство.

Изследванията са извършени при промишлени взривявания в руднични условия на групови или единични заряди (в зависимост от схемата на взривяване и от наличните степени на закъснение на електродетонаторите). За да се установи изменението на параметрите на вълните на напрежения с отдалечаване от центъра на взрива, датчиците са разполагани на различни разстояния, напр. 0,5 W; 1 W; 1,5 W (W-линия на най-малко съпротивление), в ос, перпендикулярна на плоскостта, в която са разположени зарядите, на ниво на центъра на заряда (вж. фиг.2.7.1).

Няколко заряда в реда (ветрило), които се взривяват едновременно, започват да си взаимодействуват след срещането на фронтите на вълните на напрежения, което става на разстояние, равно приблизително на половината от разстоянието между зарядите. До този момент всеки от зарядите действа самостоятелно. Ако първият датчик се монтира на по-малко от това разстояние, той ще приеме колебанията от единичен заряд, независимо от схемата на взривяване — поединично или групово. Останалите два датчика ще приемат колебанията на единичен заряд, само ако всеки от зарядите се взривява със закъснение; ако взривяването е едновременно, те ще приемат колебанията от групата заряди.

Датчиците се монтират във взривните дупки (сондажи), като надлъжната им ос е ориентирана перпендикулярно на плоскостта на ветрилото. Плътният им контакт със скалата се осъществява, като те се циментират със смес от гипс и цимент. Доставка на им на необходимото разстояние (височина) в сондажа се извършва с достатъчно ориентиращо устройство с проста конструкция.

От получената осцилограма се намират действителните стойности на взривния импулс, разпространяващ се в масива - максималната радиална скорост на колебания, абсолютното преместване, продължителността на положителната фаза на вълната и относителната енергия. От получените данни се изчисляват стойностите на максималното радиално напрежение и относителен импулс.

Максималната радиална скорост на колебанията се определя по формулата (Лангефорс У., Б. Кильстрем. 1968. (24); Мисник Ю.М., В.А. Боровиков, Е.Г. Карпунов. 1965.(28); Ханукаев А.Н. 1974 (50)).

$$V_{\max} = A \cdot \frac{\sum R}{S_{\text{гал}} S_{\text{дат}}}, \text{ m / s} \quad (2.7.4)$$

където: A е амплитудата на преместване в безгранична среда, m ;

$\sum R$ – сумарноелектрическо съпротивление на измерителната верига, Ω ;

$S_{\text{гал}}$ – чувствителност на галванометъра, m/ma ;

$S_{\text{дат}}$ – чувствителност на датчика, $mV.s/m$.

Сумарното електрическо съпротивление на измерителната верига включва:

$$\sum R = R_{\text{дат}} + R_{\text{лин}} + R_{\text{доб}} + R_{\text{гал}}, \Omega \quad (2.7.5)$$

където $R_{\text{дат}}$ е съпротивление на датчика;

$R_{\text{лин}}$ – съпротивление на измерителната линия;

$R_{\text{доб}}$ – добавъчно съпротивление в измерителната верига;

$R_{\text{гал}}$ – съпротивление на галванометъра.

Продължителността на положителната фаза на вълната се измерва директно от осциограмата, въз основана мярката за време.

Абсолютното преместване се намира графически, като се определи площта на осциограмата S и се въведе хоризонтален мащаб за времето $S \cdot \text{mm}^{-1}$ и вертикален мащаб (за скоростта), $m/s \cdot \text{mm}^{-1}$. Тогава

$$u = S_1 \cdot \alpha_1, \text{ m} \quad (2.7.6)$$

където S_1 е площта на осциограмата, mm^2 ;

α_1 - произведението от хоризонталния и вертикалния мащаби, m/mm^2 .

Относителната енергия се определя също чрез графическо интегриране. За целта се построява кривата, съответстваща на v^2 , определя се площта, ограничена от кривата и абсцисната ос и се въвежда хоризонтален мащаб – за времето $s \cdot \text{mm}^{-1}$, и вертикален мащаб – за квадрата на скоростта - $m^2/s^2 \cdot \text{mm}^{-1}$. Тогава

$$E = \frac{10\rho \cdot C_p}{g} \int_0^{\tau} v^2(t) dt = \frac{10\rho \cdot C_p}{g} S_2 \alpha_2, \text{ J / m}^2 \quad (2.7.7.)$$

където: S_2 е площта, ограничена от кривата и абсцисната ос, mm^2 ;

α_2 - произведението от хоризонталния и вертикалния мащаби, m/mm^2 .

След като е определена максималната радиална скорост на колебания, се изчислява и максималното радиално напрежение по израза (2.79.2).

Относителния импулс се намира въз основа на израза (2.7.4.) или по определеното абсолютно преместване:

$$I = \frac{10^{-1} \rho \cdot C_p}{g} \int_0^{\tau} v^2(t) dt = \frac{10^{-1} \rho \cdot C_p}{g} u, \text{ Pa.s} \quad (2.7.8)$$

Създадената измерителна система и методиката за определяне на действителните параметри на вълните на напрежения са проверени многократно в промишлени условия.

ГЛАВА 3. РАЗРАБОТВАНЕ И ПРИЛОЖЕНИЕ НА МЕТОДИКА ЗА ИЗМЕРВАНЕ НА ПАРАМЕТРИТЕ НА ВЗРИВНИТЕ ВЪЛНИ

3.1. Използвано оборудване

Измерванията са направени с инсталирането на 6 триосни геофона и сеизмична апаратура Minimate Blaster на фирма Instantel и SuperGraph на фирма NOMIS. Апаратурата регистрира сеизмично въздействие над 0.5 mm/s.

3.2. Местоположение и монтаж на измерителите.

Взривосеизмичните измервания са извършени на блок 151 хоризонт 225 и хоризонт 260 на камера 5С на следните дати:

- На 07.10.2019 г. - Измерването е извършено в шест точки.
Три точки на хоризонт 260 и три точки на хоризонт 225.
- На 15.10.2019 г. - Измерването е извършено в четири точки.
Две точки на хоризонт 260 и две точки на хоризонт 225.
- На 28.10.2019 г. - Измерването е извършено в пет точки.
Две точки на хоризонт 260 и три точки на хоризонт 225.

При изпълнение на полевите измервания са спазени следните методически указания:

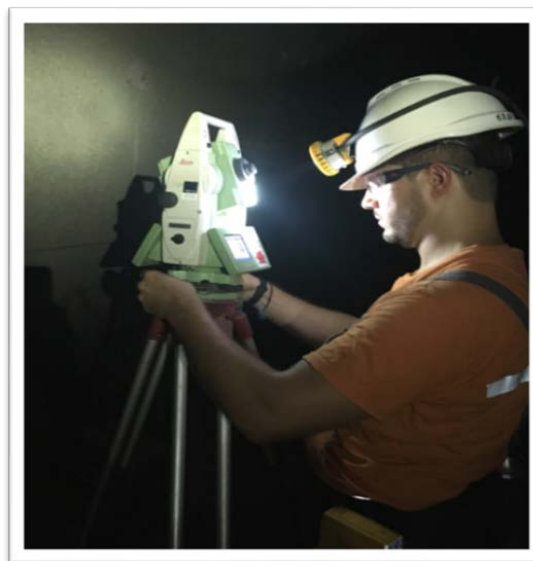
а) поставянето и свързването на вибрационния сензор са двата най-важни фактора, които осигуряват точни записи на вибрации на земята.

б) при монтирането на геофоните се осъществява твърда връзка със скалния масив, за да не се допусне каквото и да е приплъзгане. Притискането се осъществява с торби пясък изисква се плитко разчистване, с минимални нарушаване на скалата отдолу поставяне на сензор на разчистеното място с торба с пясък отгоре. Пясъчните торби са големи и свободно запълнени с около 10 - 12 килограма пясък. Върху сензора има торба с пясък, тя е възможно най-ниска и широка и да осигурява максимален твърд контакт със земята на (фигура 3.2.1.) е показано монтаж на геофон и затиснат с торба пясък

с) положението на точките на измерване е такова, че разстоянието между всеки взрив е точно определено и заснето от маркшайдер (фигура 3.2.2.).



Фиг.3.2.1. Монтаж на геофон



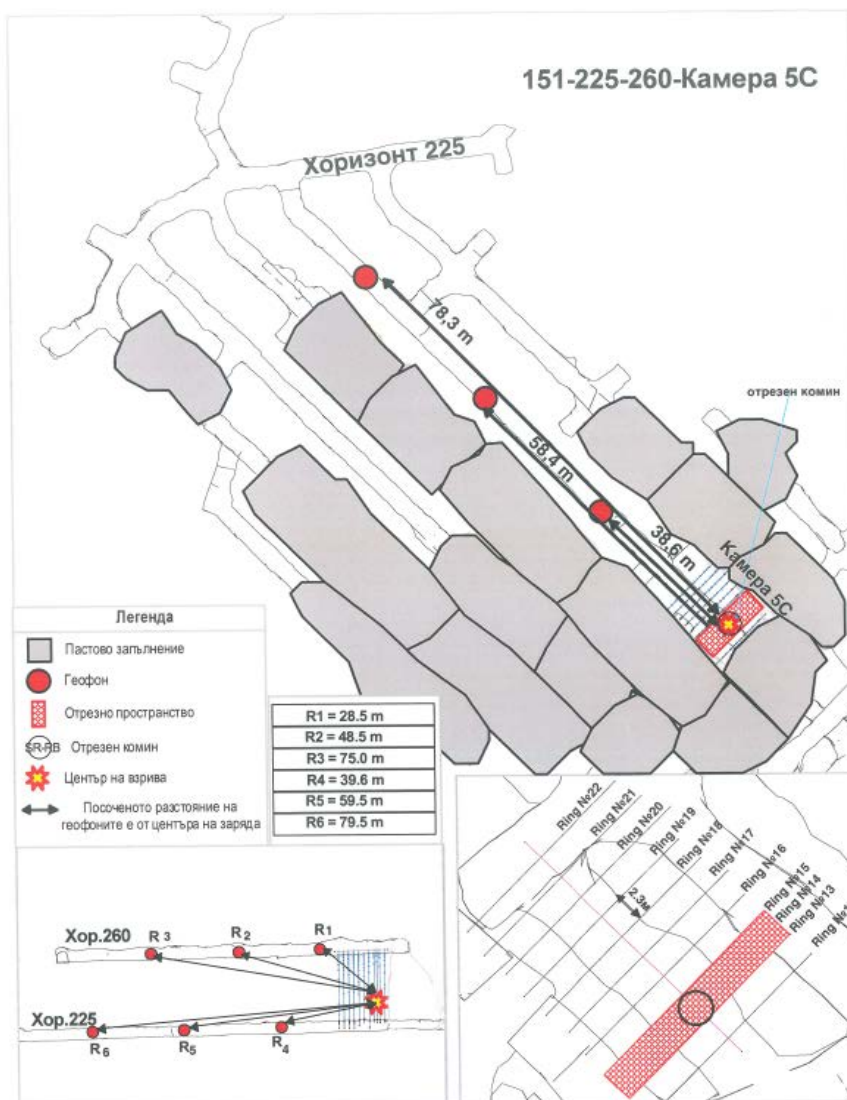
Фиг.3.2.2. Заснемане на точки

3.3 Измерителна схема за условията на рудник „Челопеч“

Въз основа анализа на световната практика за подобни измервания, е съставена схема за предстоящи измервания в рудник Челопеч (фиг. 3.3.1).

Схемата се характеризира с монтирането на шест геофона - по три на горен и долен хоризонт. Всеки от тях ще измерва скоростта на преместване на частиците, а разположението им на различни разстояния от центъра на взрива ще позволи за да се определи законът на затихване на енергията. Първото измерване ще се осъществи по време на оформянето на отрезното пространство на камерата - тогава напрежението предавано по масива ще бъде най-голямо защото цялостта му не е нарушена от други взривявания. Геофоните са разположени преблизително през 20 m от центъра на заряда (точните разстояния са дадени в фиг.3.3.1 и фиг.3.3.2).

Камерата се намира между иззети пространства, които впоследствие са запълнени с пастово запълнение. Разстоянието между ветрилата в отрезното пространство е 1,3 m, а останалите ветрила са разположени на 2,3 m едно от друго. Това решение е следствие на необходимостта от по-голяма енергия за раздробяването на скалната маса при отварянето на отрезното пространство.



Фиг.3.3.1. Разположение на геофоните на 07.10.2019 г. хор. 225

3.4. Паспорт за зареждане на камера 5С отрезно пространство

Сондажите са разположени така, че последователно да разширяват предварително пробития отрезен комин с диаметър 1,0 m. Отварянето на отрезното пространство се извършва на няколко етапа на (фиг.3.4.1. а; б; в) е показан етап 1.

ЕТАП 1

ОБЩО НСВС = 758.3 kg

Блок-Хор.: 151-260

Разс.: P23

Ветр.№: 13 5С 260

ПАСПОРТ НА ЗАРЕЖДАНЕ

Сонд	Дължина (m)	Празна част	ВВ Тип	Закъсн.	Дълж.Заряд		ВВ(kg)	ЛБ./бр
					Проект	Фактич		
1	9.4	HE	ANFO	HE	HE	HE	HE	HE
2	10.2	HE	ANFO	HE	HE	HE	HE	HE
3	12.9	HE	ANFO	HE	HE	HE	HE	HE
4	16.0	HE	ANFO	HE	HE	HE	HE	HE
5	22.5	HE	ANFO	HE	HE	HE	HE	HE
6	31.0	HE	ANFO	HE	HE	HE	HE	HE
7	38.7	HE	ANFO	HE	HE	HE	HE	HE
8	36.9	HE	ANFO	HE	HE	HE	HE	HE
9	35.4	HE	ANFO	HE	HE	HE	HE	HE
10	34.1	13.0	ANFO	MS-15/375ms	21.1	105.0	3	
11	30.8	13.0	ANFO	MS-11/275ms	17.8	88.6	2	
12	30.6	13.0	ANFO	MS-19/475ms	17.6	87.8	2	
13	34.5	HE	ANFO	HE	HE	HE	HE	HE
14	36.1	HE	ANFO	HE	HE	HE	HE	HE
15	38.2	HE	ANFO	HE	HE	HE	HE	HE
16	28.8	HE	ANFO	HE	HE	HE	HE	HE
17	21.2	HE	ANFO	HE	HE	HE	HE	HE
18	15.0	HE	ANFO	HE	HE	HE	HE	HE
19	10.7	HE	ANFO	HE	HE	HE	HE	HE
20	7.5	HE	ANFO	HE	HE	HE	HE	HE

Сум.Дълж.Заряд (m) 56.7
Сум.Маса ВВ (kg) 282.3
Лин.Маса на Заряда (kg/m) 5.0

Боевик: ЛБ-Д5-450
Маса: 450 g
Детонатор тип: Нонел MS

ДЛЪЖНОСТ	ФАМИЛИЯ	ПОДПИС	ПАСПОРТ
гл.инж.Р-х	Н.Симонски		Взривяване на добивни взривни сондажи
от.инж.Д и ПВР	Ц.Балов		
ЧАСТ: ТЕХНОЛОГИЯ НА ДОБИВА	ЧЕРТЕЖ №		

Технически служби Добив и ПВР МАЩАБ: 1:200 ДАТА: Comment4

а)

ЕТАП 1

ОБЩО НСВС = 758.3 kg

Блок-Хор.: 151-260

Разс.: P23

Ветр.№: 14 5С 260

ПАСПОРТ НА ЗАРЕЖДАНЕ

Сонд	Дължина (m)	Празна част	ВВ Тип	Закъсн.	Дълж.Заряд		ВВ(kg)	ЛБ./бр
					Проект	Фактич		
1	9.5	HE	ANFO	HE	HE	HE	HE	HE
2	10.3	HE	ANFO	HE	HE	HE	HE	HE
3	12.8	HE	ANFO	HE	HE	HE	HE	HE
4	17.2	HE	ANFO	HE	HE	HE	HE	HE
5	22.9	HE	ANFO	HE	HE	HE	HE	HE
6	30.3	HE	ANFO	HE	HE	HE	HE	HE
7	38.8	HE	ANFO	HE	HE	HE	HE	HE
8	37.1	HE	ANFO	HE	HE	HE	HE	HE
9	35.5	HE	ANFO	HE	HE	HE	HE	HE
10	34.1	13.0	ANFO	MS-3/75ms	21.1	105.0	3	
11	30.7	13.0	ANFO	MS-9/225ms	17.7	87.9	2	
12	34.5	HE	ANFO	HE	HE	HE	HE	HE
13	36.5	HE	ANFO	HE	HE	HE	HE	HE
14	38.7	HE	ANFO	HE	HE	HE	HE	HE
15	29.1	HE	ANFO	HE	HE	HE	HE	HE
16	21.5	HE	ANFO	HE	HE	HE	HE	HE
17	15.2	HE	ANFO	HE	HE	HE	HE	HE
18	10.9	HE	ANFO	HE	HE	HE	HE	HE
19	7.9	HE	ANFO	HE	HE	HE	HE	HE

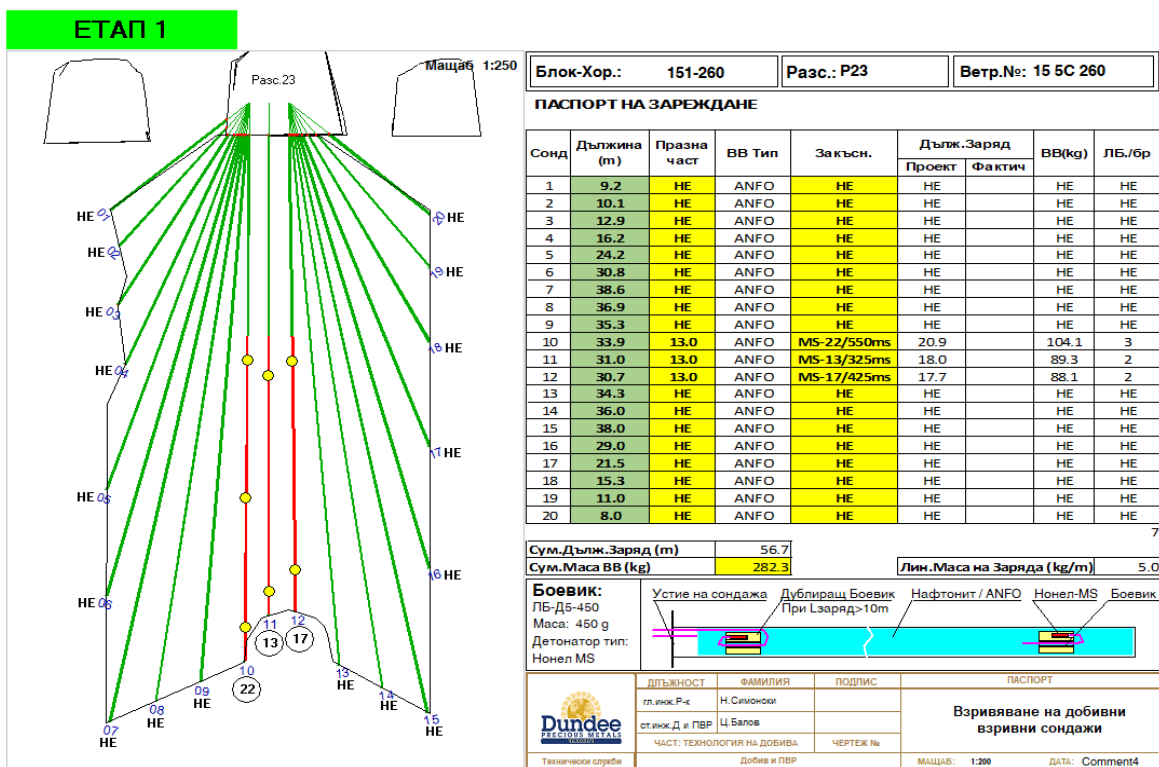
Сум.Дълж.Заряд (m) 38.9
Сум.Маса ВВ (kg) 193.7
Лин.Маса на Заряда (kg/m) 5.0

Боевик: ЛБ-Д5-450
Маса: 450 g
Детонатор тип: Нонел MS

ДЛЪЖНОСТ	ФАМИЛИЯ	ПОДПИС	ПАСПОРТ
гл.инж.Р-х	Н.Симонски		Взривяване на добивни взривни сондажи
от.инж.Д и ПВР	Ц.Балов		
ЧАСТ: ТЕХНОЛОГИЯ НА ДОБИВА	ЧЕРТЕЖ №		

Технически служби Добив и ПВР МАЩАБ: 1:200 ДАТА: Comment4

б)



В)

Фиг.3.4.1 Паспорт на зареждане етап 1

Зареждането се извършва от горния хоризонт, последователността на взривяване на сондажите е показана на паспорта за зареждане. Определената линия на най-малко съпротивление на заряда в отрезното пространство е $W=1,3$ m.

За сондажно-взривното отбиване на рудата, като основно взривно вещество се използва нафто-селитрена взривна смес тип Ексан.

Инициирането на зарядите се извършва с използване на неелектрически детонатори с милисекунден интервал на закъснение тип ЕКСЕЛ -MS. За патрон-боевик се използва - бустер тип „ЛБ-Д5-450“ с маса 0,450 kg.

При зареждане първо в дъното на сондажа се изгражда заряд от нафто-селитрена взривна смес с дължина $2\div 2,5$ m, поставя се патрон-боевикът по метода на обратното инициране, след което - основният заряд от нафто-селитрена взривна смес.

При дължина на зарядите над 10 m, от към устието на сондажа, 2 m преди края на заряда от нафто-селитрена взривна смес, се поставя дублиращ боевик с детонатор със същото закъснение, както този в дъното на сондажа по метода на обратното инициране.

В съответствие с изготвените паспорти за взривяване на отрезното пространство са необходими следните взривни материали:

Взривно вещество тип ЕКСАН - 758,3 kg (31 бр. чували по 25 kg)

Взривно вещество бустер тип „ЛБ-Д5-450“ - 19 бр. (8,55 kg)

Присъединителни блокчета тип SL-0 - 3бр.

Детонатори тип Ексел-MS - 19 бр, както следва:

MS №3 - 3 бр.

MS №9 - 2 бр.
MS №11 - 2 бр.
MS №13 - 2 бр.
MS №15 - 3 бр.
MS №17 - 2 бр.
MS №19 - 2 бр.
MS №22 - 3 бр.

Максималното количество взривно вещество иницирано в една степен на закъснение 105,0 kg в серия №3 на ветрило №14 сондаж №10. Дължина на сондажа 34,1 m. Дължина на заряда 21,1 m. Не заредена част 13,0 m.

ГЛАВА 4. АНАЛИЗ НА ПОЛУЧЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ ОТ ЕКСПИРЕМЕНТАЛНИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ В РУДНИК „ЧЕЛОПЕЧ“

4.1. Данни от извършени измервания и анализ на данните

Измервателна точка 4, хоризонт 225

$$\varepsilon = \frac{V}{C_p} = \frac{0,04241}{2500} = 1,696 \times 10^{-5}$$

На дата 07.10.19 г., в точка 4, максимално достигнатото взриво-сеизмично въздействие при взривяване на 105,0 kg в една степен на закъснение на разстояние 58,4 m е IV-та степен по

МШК-Д: „Усеща се от всички, поява на уплаха; слаби повреди в сградите; леки пукнатини в почвата, изменения в дебита на извори.“

Измервателна точка 5, хоризонт 225

$$\varepsilon = \frac{V}{C_p} = \frac{0,01898}{2500} = 7,592 \times 10^{-6}$$

На дата 07.10.19 г., в точка 5, максимално достигнатото взриво-сеизмично въздействие при взривяване на 105,0 kg в една степен на закъснение на разстояние 38,6 m е III-та степен по

МШК-Д: „Усеща се от хора в покой, висящи предмети по високите етажи слабо се разлюляват; няма ефекти върху сградите и природната среда.“

Измервателна точка 6, хоризонт 225

$$\varepsilon = \frac{V}{C_p} = \frac{0,00809}{2500} = 3,236 \times 10^{-6}$$

На дата 07.10.19 г., в точка 6, максимално достигнатото взриво-сеизмично въздействие при взривяване на 105,0 kg в една степен на закъснение на разстояние 78,3 m е I-ва степен по

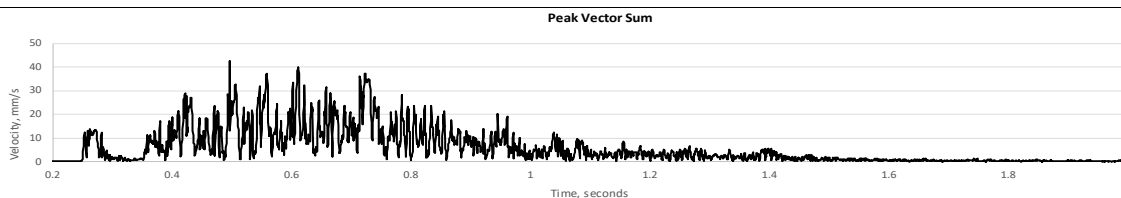
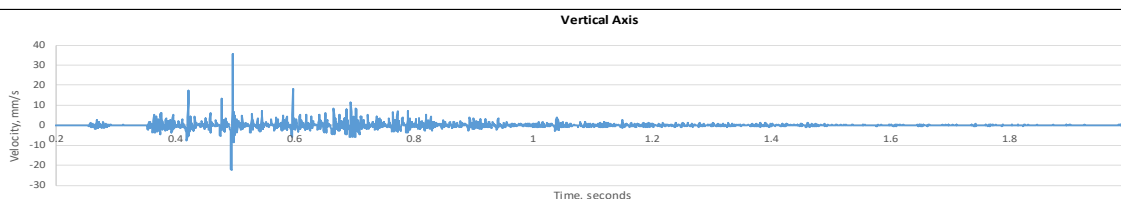
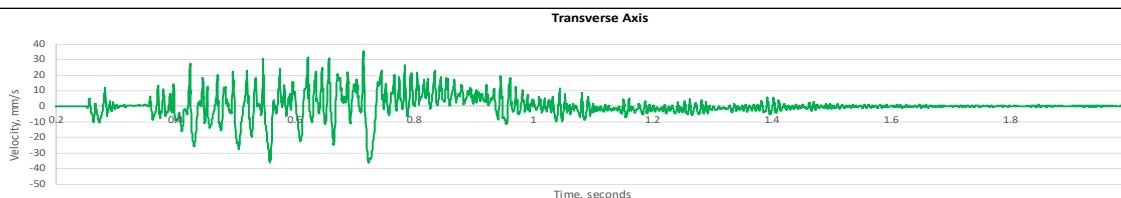
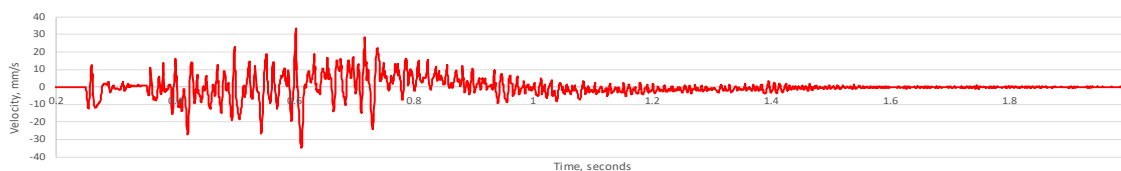
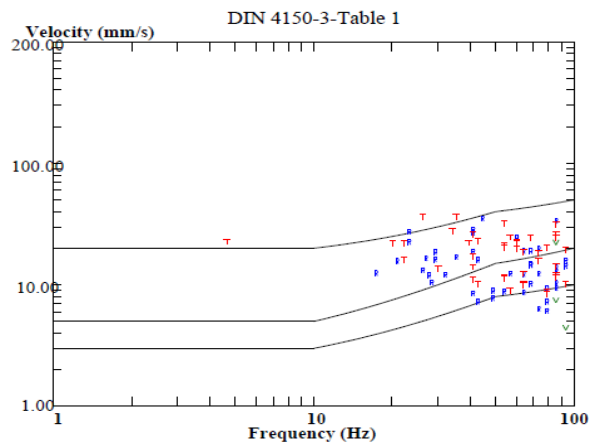
МШК-Д: „Не се усеща от хората; няма ефекти върху сградите и околната среда; регистрира се само от сеизмографи.“

Дата на взривяване:	07 октомври 2019
Хоризонт:	225
Измервателна точка:	4
Сеизмограф S/N:	624

Ветрило N:	13	14	15
Qвв max, kg:	105	105	104
Хипоц. разстояние, м:	41.2	39.9	38.6
Хор. разстояние, м:	40.9	39.6	38.3
Вер. разстояние, м:	5.0	5.0	5.0
Разстояние м/у ветрилата, м:	1.30		

Vector Sum: 42.41 mm/s @ 256.00 Hz

Channel	Radial	Transverse	Vertical
○ Velocity (mm/s)	35.052	36.449	35.687
Frequency (Hz)	44.50	35.30	256.00



Фиг.4.1.4. Сеизмограма на точка 4 от 07.10.2019г.

Най-високи стойности на пиковата скорост на частиците на точки 1,2,3,5 и 6 са отчетени при MS-3/75ms с количество от 105 kg нафто-селитрена взривна смес тип

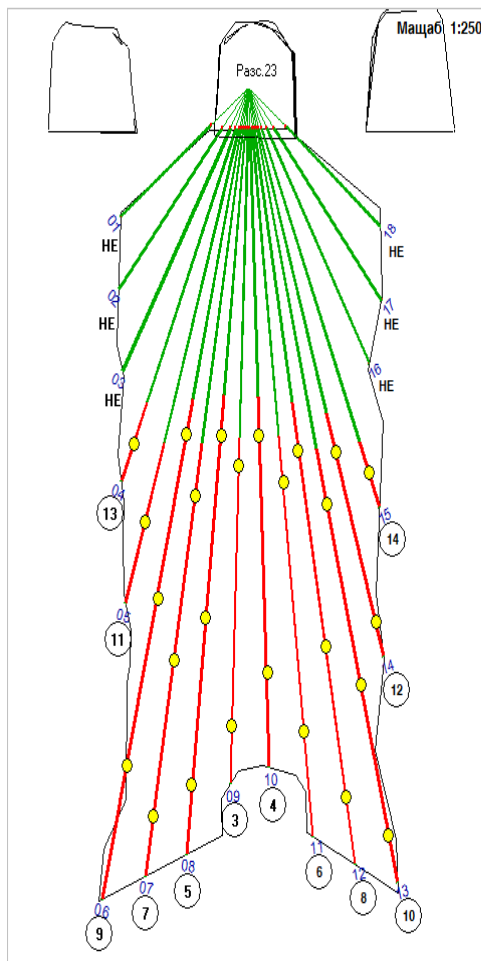
Ексан и 3бр. бустер тип „ЛБ-Д5-450“ с маса 0,450 kg, на точка 1 със стойност PPV=47,4 mm/s. Геофона е разположен на хоризонт 260, който се намира на 30,2 m от хипоцентъра на взрива. На точка 2 със стойност PPV=37.6 mm/s. Геофона е разположен на хоризонт 260, който се намира на 48,9m от хипоцентъра на взрива. На точка 3 със стойност PPV=15,2 mm/s. Геофона е разположен на хоризонт 260, който се намира на 74,8m от хипоцентъра на взрива. На точка 5 със стойност PPV=18,98 mm/s. Геофона е разположен на хоризонт 225, който се намира на 58,4m от хипоцентъра на взрива. На точка 6 със стойност PPV=8,09 mm/s. Геофона е разположен на хоризонт 225, който се намира на 78,3m от хипоцентъра на взрива.

На точка 4 най-високата стойност PPV=42,41 mm/s. Геофона е разположен на хоризонт 225, който се намира на 38,6m от хипоцентъра на взрива.

4.2. Паспорти за зареждане на камера 5С ветрила 20-21 долна част

Поради недостигане на якостните параметри на пастово запълнение на камери 151-225-5В, която се намира пред камера 5С и 151-225-1В, която се намира в ляво от камера 5С, горната част на камера 151-195-5С от хор.225 до хор.260 се изнемва на горни и долни части. Това се прави за да се намали влиянието на взривните работи върху запълнението и по този начин да предотврати обрушването му в добивната камера.

ОБЩО НСВС = 1960.5 kg



Блок-Хор.:	151-260	Разс.: P23	Ветр.№: 20 5С 260
------------	---------	------------	-------------------

ПАСПОРТ НА ЗАРЕЖДАНЕ

Сонд	Дължина (m)	Празна част	ВВ Тип	Закъсн.	Дълж.Заряд		ВВ(kg)	ЛБ./бр
					Проект	Фактич		
1	7.5	7.5	ANFO	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ
2	10.4	10.4	ANFO	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ
3	13.8	13.8	ANFO	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ
4	18.7	14.5	ANFO	MS-13/325ms	4.2	20.8	20.8	1
5	24.2	16.0	ANFO	MS-11/275ms	8.2	40.7	40.7	1
6	38.4	13.5	ANFO	MS-9/225ms	24.9	123.9	123.9	3
7	36.7	15.5	ANFO	MS-7/175ms	21.2	105.7	105.7	3
8	35.3	13.0	ANFO	MS-5/125ms	22.3	111.0	111.0	3
9	31.7	15.0	ANFO	MS-3/75ms	16.7	83.2	83.2	2
10	30.9	13.0	ANFO	MS-4/100ms	17.9	89.1	89.1	2
11	34.5	15.0	ANFO	MS-6/150ms	19.5	96.9	96.9	2
12	36.2	13.5	ANFO	MS-8/200ms	22.7	112.9	112.9	3
13	37.6	16.0	ANFO	MS-10/250ms	21.6	107.7	107.7	3
14	26.8	14.5	ANFO	MS-12/300ms	12.3	61.4	61.4	2
15	19.9	16.5	ANFO	MS-14/350ms	3.4	17.0	17.0	1
16	13.2	13.2	ANFO	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ
17	10.9	10.9	ANFO	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ
18	7.9	7.9	ANFO	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ	НЕ

26

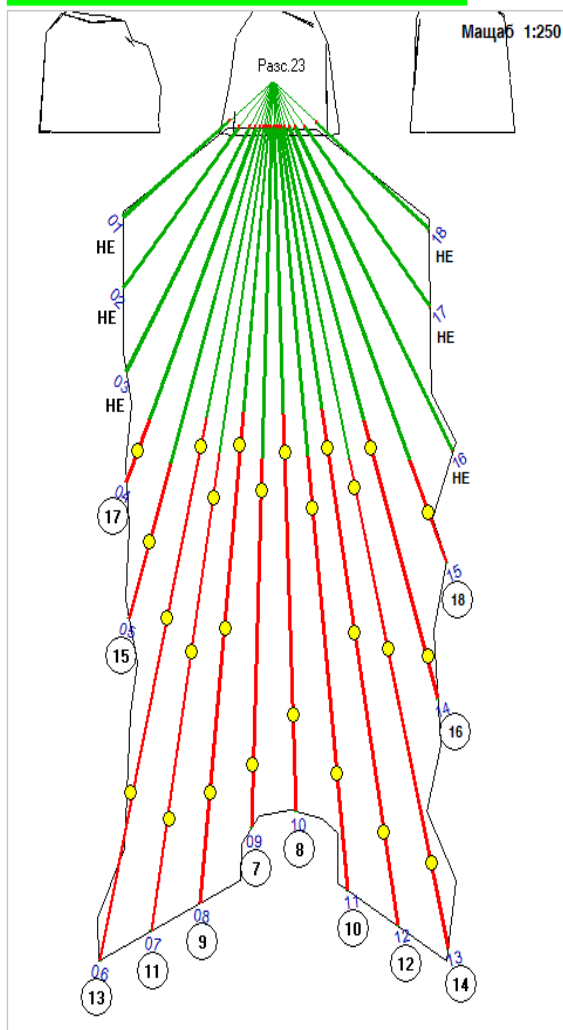
Сум.Дълж.Заряд (m)	195.1	Лин.Маса на Заряда (kg/m)	5.0
Сум.Маса ВВ (kg)	970.8		

Боевик: ЛБ-Д5-450 Маса: 450 g Детонатор тип: Нонел MS	Устие на сондажа	Дублиращ Боевик При Заряд>10m	Нафтонит / ANFO	Нонел-MS	Боевик
--	------------------	----------------------------------	-----------------	----------	--------

ДЪЛЖНОСТ	ФАМИЛИЯ	ПОДПИС	ПАСПОРТ
гл.инж.Р-ч	Н Симонски		Взривяване на добивни взривни сондажи
от.инж.Д и ГВР	Ц Балов		
ЧАСТ: ТЕХНОЛОГИЯ НА ДОБИВА	ЧЕРТЕЖ №		
Технически служби	Добив и ГВР	МАЩАБ: 1:200	ДАТА: Comment4

a)

НА ЦЯЛОТО ВЕТРИЛО +42



Блок-Хор.:	151-260	Разс.: P23	Ветр.№: 21 5С 260
------------	---------	------------	-------------------

ПАСПОРТ НА ЗАРЕЖДАНЕ

Сонд	Дължина (м)	Празна част	ВВ Тип	Закъсн.	Дълж.Заряд		ВВ(kg)	ЛБ/бр
					Проект	Фактич		
1	7.4	7.4	ANFO	НЕ	НЕ		НЕ	НЕ
2	9.8	9.8	ANFO	НЕ	НЕ		НЕ	НЕ
3	13.1	13.1	ANFO	НЕ	НЕ		НЕ	НЕ
4	17.6	14.5	ANFO	MS-17/425ms	3.1		15.5	1
5	23.4	16.0	ANFO	MS-15/375ms	7.4		36.8	1
6	38.7	13.5	ANFO	MS-13/325ms	25.2		125.6	3
7	36.9	15.0	ANFO	MS-11/275ms	21.9		108.8	3
8	35.2	13.0	ANFO	MS-9/225ms	22.2		110.6	3
9	31.6	15.0	ANFO	MS-7/175ms	16.6		82.8	2
10	30.9	13.0	ANFO	MS-8/200ms	17.9		89.2	2
11	34.7	15.0	ANFO	MS-10/250ms	19.7		97.8	2
12	36.7	13.0	ANFO	MS-12/300ms	23.7		117.7	3
13	38.2	15.5	ANFO	MS-14/350ms	22.7		113.2	3
14	27.2	14.0	ANFO	MS-16/400ms	13.2		65.8	2
15	21.6	16.5	ANFO	MS-18/450ms	5.1		25.4	1
16	17.1	17.1	ANFO	НЕ	НЕ		НЕ	НЕ
17	10.8	10.8	ANFO	НЕ	НЕ		НЕ	НЕ
18	8.0	8.0	ANFO	НЕ	НЕ		НЕ	НЕ

26

Сум. Дълж.Заряд (м) 198.9

Сум. Маса ВВ (kg) 989.7

Лин. Маса на Заряда (kg/m) 5.0

Боевик: ЛБ-Д5-450 Маса: 450 g Детонатор тип: Нонел MS	
--	--

ДЪЛЖНОСТ	ФАМИЛИЯ	ПОДПИС	ПАСПОРТ
гл.инж.Р.ж	Н.Олимонски		Взривяване на добивни взривни сондажи
ст.инж.Д и ПВР	Ц.Балов		
ЧАСТ: ТЕХНОЛОГИЯ НА ДОБИВА	ЧЕРТЕЖ №		
Технически служби	Добив и ПВР	МАЩАБ: 1:200	ДАТА: Comment4

б)

Фиг.4.2.1. Паспорти за зареждане на ветрила 20-21 долна част

Зареждането се извършва от хоризонт 260, последователността на взривяване на сондажите е показана на паспорта за зареждане. Определената линия на най-малко съпротивление на заряда при добивните ветрила е $W=2,3m$.

За сондажно-взривното отбиване на рудата, като основно взривно вещество се използва нафто-селитрена взривна смес тип Ексан.

Иницирането на зарядите се извършва с използване на неелектрически детонатори с милисекунден интервал на закъснение тип ЕКСЕЛ-MS. За патрон-боевик се използва - бустер тип „ЛБ-Д5-450“ с маса 0,450 kg.

При зареждане първо в дъното на сондажа се изгражда заряд от нафто-селитрена взривна смес с дължина 2-2.5 m, поставя се патрон-боевикът по метода на обратното инициране, след което - основният заряд от нафто-селитрена взривна смес. При дължина на зарядите над 10 m, от към устието на сондажа, 2m преди края на заряда от нафто-селитрена взривна смес, се поставя дублиращ боевик с детонатор със същото закъснение, както този в дъното на сондажа по метода на обратното инициране.

В съответствие с изготвените паспорти за взривяване на добивни ветрила №21 и №22 долна част са необходими следните взривни материали:

- взривно вещество тип ЕКСАН - 1960,5 kg (79 бр. чували по 25 kg)
- взривно вещество бустер тип „ЛБ-Д5-450 - 52 бр. (23,4 kg)
- присъединителни блокчета тип SL-0 - 6 бр.
- присъединителни блокчета тип SL-42 - 1бр.
- детонатори тип Ексел-MS - 52 бр, както следва:
 - MS №3 - 2 бр.
 - MS №4 - 2 бр.
 - MS №5 - 3 бр.
 - MS №6 - 2 бр.
 - MS №7 - 5 бр.
 - MS №8 - 5 бр.
 - MS №9 - 6 бр.
 - MS №10 - 5 бр.
 - MS №11 - 4 бр.
 - MS №12 - 5 бр.
 - MS №13 - 4 бр.
 - MS №14 - 4 бр.
 - MS №15 - 1 бр.
 - MS №16 - 2 бр.
 - MS №17 - 1 бр.
 - MS №18 - 1 бр.

Максималното количество взривно вещество иницирано в една степен на закъснение 125.6 kg в серия №13 на ветрило №21 сондаж №6. Дължина на сондажа 38.7м. Дължина на заряда 25.2м. Не заредена част 13.5м.

Анализ на данните от проведено измерване на 15.10.2019 г.

Измервателна точка 1, хоризонт 260

$$\varepsilon = \frac{V}{C_p} = \frac{0,0873}{2500} = 3,492 \times 10^{-5}$$

На дата 15.10.19 г., в точка 1, максимално достигнатото взриво-сеизмично въздействие при взривяване на 125.6 kg в една степен на закъснение на разстояние 19 m е V-та степен по

МШК-Д: „Усеца се масово, спящи се събуждат, по-леки предмети се местят и завъртат; появяват се отделни слаби пукнатини в мазилката; рядко се наблюдава промяна на дебита на извори.“

Измервателна точка 2, хоризонт 260

$$\varepsilon = \frac{V}{C_p} = \frac{0,0545}{2500} = 2,15 \times 10^{-5}$$

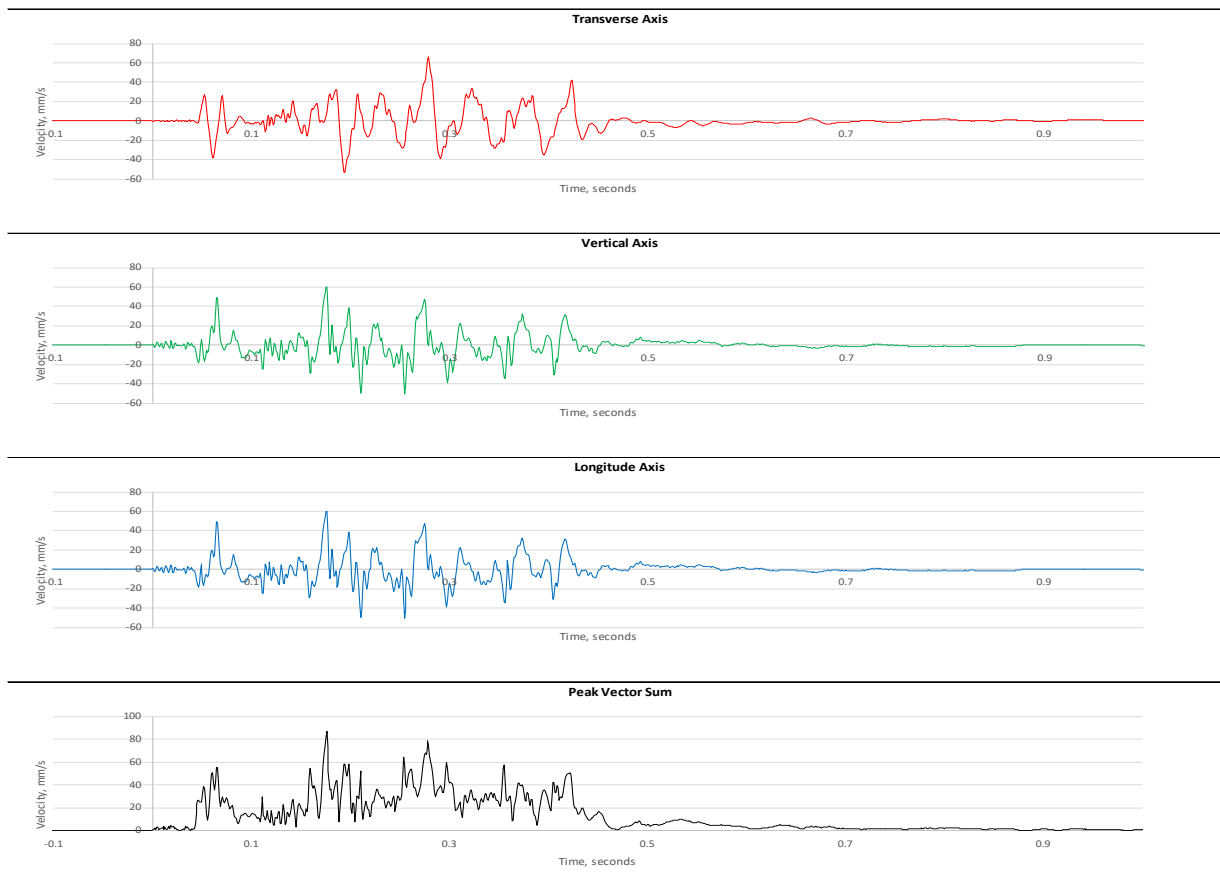
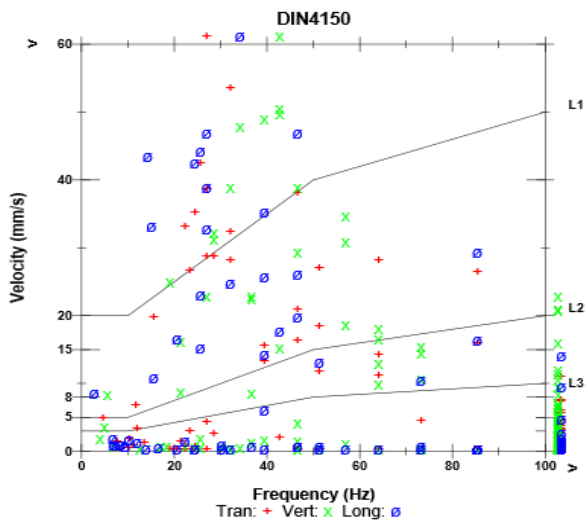
На дата 15.10.19 г., в точка 2, максимално достигнатото взриво-сеизмично въздействие при взривяване на 125,6 kg в една степен на закъснение на разстояние 36 m е IV-та степен по

МШК-Д: „Усеца се от много хора в сградите, от единици на открито, тракат врати, съдове; скърцат стени и подове; няма ефекти върху природната среда.“

Дата на взривяване:	15 октомври 2019
Хоризонт:	260
Измервателна точка:	1
Сеизмограф S/N:	535

Ветрило N:	20	21
Qвв тах, kg:	123.9	125.6
Хипоц. разстояние, m:	20.7	19.0
Хор. разстояние, m:	15.7	13.4
Вер. разстояние, m:	13.5	13.5
Разстояние м/у ветрилата, m:	2.30	

	Tran	Vert	Long	
PPV	66.3	60.3	62.4	mm/s
PPV (Ponderated)	56.2	34.4	50.3	mm/s
ZC Freq	27	43	34	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.278	0.176	0.176	sec
Peak Acceleration	1.70	3.61	2.23	g
Peak Displacement	0.315	0.214	0.330	mm
Sensor Check	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.5	7.5	7.3	Hz
Overswing Ratio	3.4	3.7	3.6	
Peak Vector Sum	87.3 mm/s at 0.176 sec			

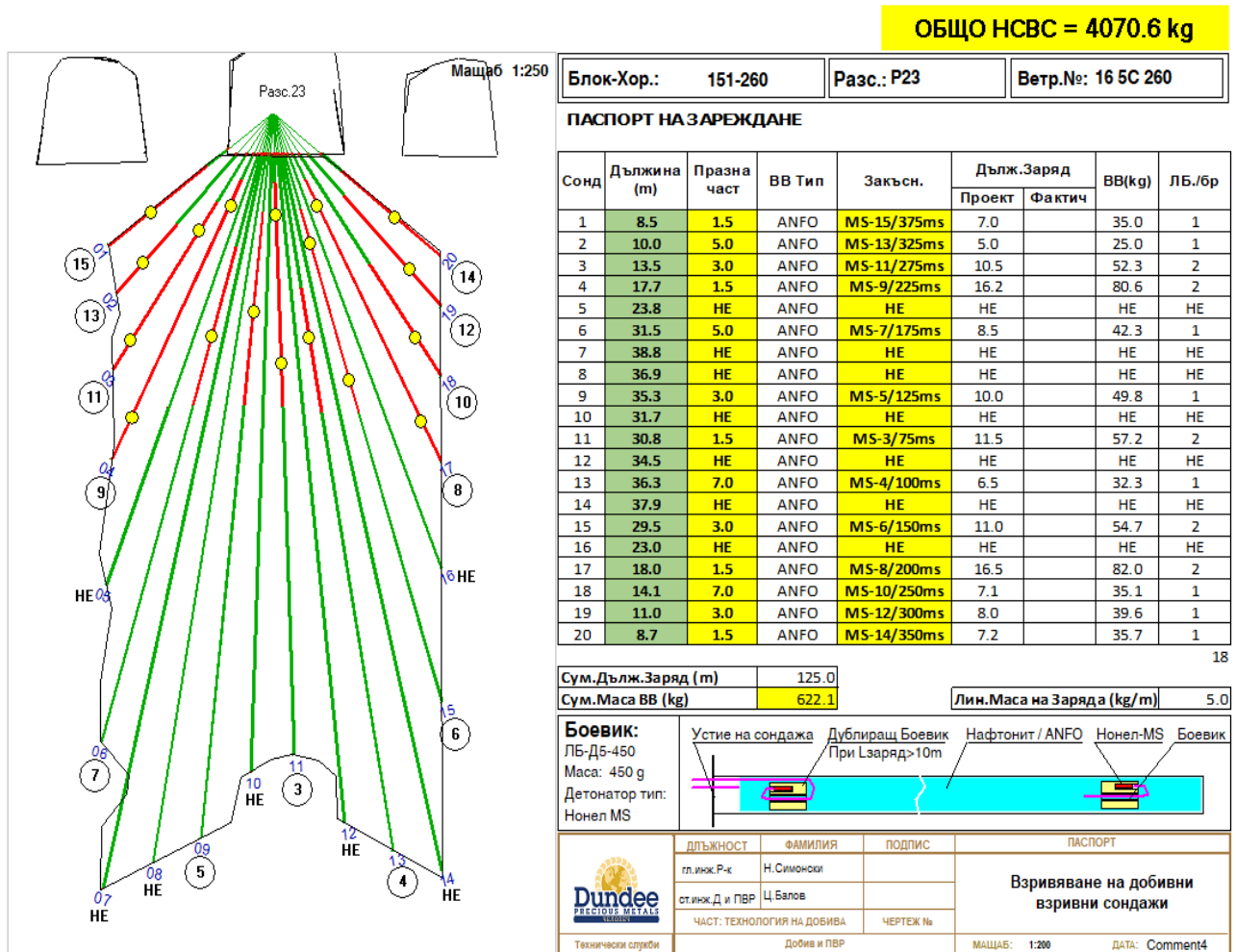


Фиг.4.2.2. Сеизмограма на точка 1 от 15.10.2019г.

4.3. Паспорти за зареждане на камера 5С ветрила 16-22 горни части.

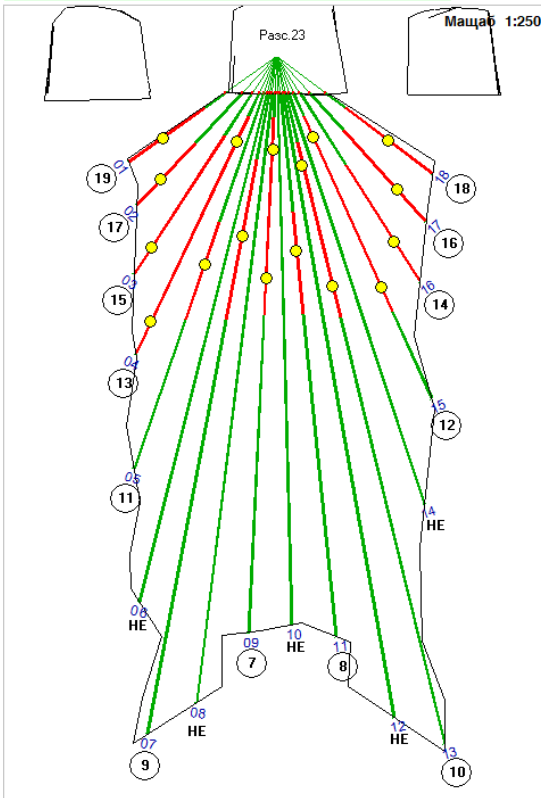
Поради недостигане на якостните параметри на пастово запълнение на камери 151-225-5В, която се намира пред камера 5С и 151-225-1В, която се намира в ляво от камера 5С. горната част на камера 151-195-5С от хор.225 до хор.260 се изнемва на горни и долни части. Това се прави за да се намали влиянието на взривните работи върху запълнението и по този начин да предотврати обрушването му в добивната камера.

Паспортите за зареждане на камера 5С ветрила 16-22 горни части са показани на фиг.4.3.1.



a)

НА ЦЯЛОТО ВЕТРИЛО +17

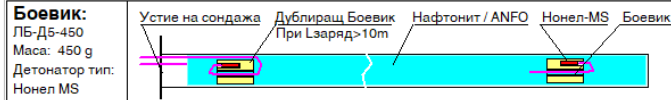


Блок-Хор.:	151-260	Расч.: P23	Ветр.№: 17 5С 260
------------	---------	------------	-------------------

ПАСПОРТ НА ЗАРЕЖДАНЕ

Сонд	Дължина (м)	Празна част	ВВ Тип	Закъсн.	Дълж.Заряд		ВВ(кг)	ЛБ./бр
					Проект	Фактич		
1	6.9	1.5	ANFO	MS-19/475ms	5.4		27.0	1
2	9.0	4.0	ANFO	MS-17/425ms	5.0		24.8	1
3	12.6	3.0	ANFO	MS-15/375ms	9.6		48.0	1
4	16.9	1.5	ANFO	MS-13/325ms	15.4		76.4	2
5	23.2	8.0	ANFO	MS-11/275ms	6.0		29.9	1
6	30.6	HE	ANFO	HE	HE		HE	HE
7	38.0	4.0	ANFO	MS-9/225ms	9.5		47.3	1
8	35.8	HE	ANFO	HE	HE		HE	HE
9	31.5	1.5	ANFO	MS-7/175ms	11.5		57.2	2
10	31.0	HE	ANFO	HE	HE		HE	HE
11	31.8	7.0	ANFO	MS-8/200ms	6.0		29.9	1
12	36.9	HE	ANFO	HE	HE		HE	HE
13	39.0	3.0	ANFO	MS-10/250ms	10.5		52.3	2
14	25.2	HE	ANFO	HE	HE		HE	HE
15	19.5	1.5	ANFO	MS-12/300ms	12.5		62.2	2
16	13.0	5.0	ANFO	MS-14/350ms	8.0		39.9	1
17	10.1	3.0	ANFO	MS-16/400ms	7.1		35.3	1
18	7.8	1.5	ANFO	MS-18/450ms	6.3		31.5	1

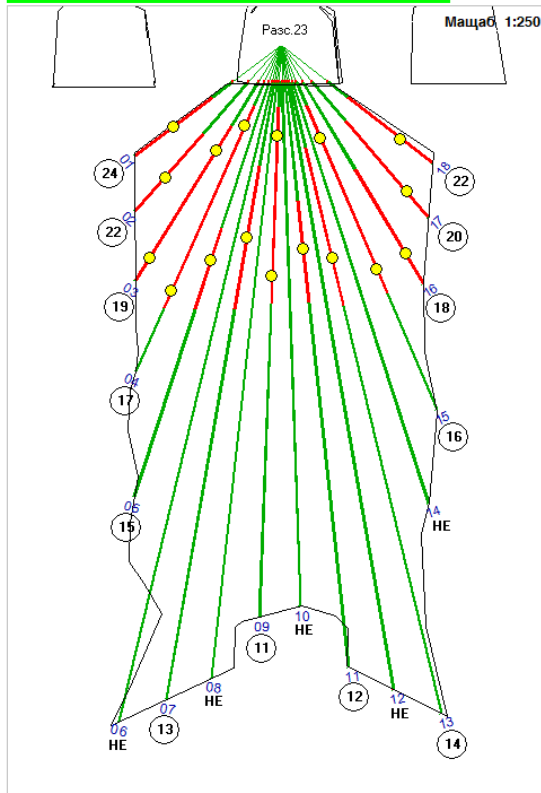
Сум.Дълж.Заряд (м)	112.9	Лин.Маса на Заряда (kg/m)	5.0
Сум.Маса ВВ (kg)	562.0		



	длъжност	ФАМИЛИЯ	ПОДПИС	ПАСПОРТ Взривяване на добивни взривни сондажи
	гл.инж.Р-с	Н.Симонови		
	от.инж.Д и ПВР	Ц.Балов		
Технически служби	ЧАСТ: ТЕХНОЛОГИЯ НА ДОБИВА	ДОБИВ И ПВР	ЧЕРТЕЖ №	МАЩАБ: 1:200

б)

НА ЦЯЛОТО ВЕТРИЛО +25

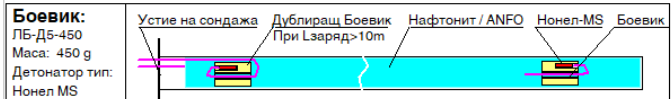


Блок-Хор.:	151-260	Расч.: P23	Ветр.№: 18 5С 260
------------	---------	------------	-------------------

ПАСПОРТ НА ЗАРЕЖДАНЕ

Сонд	Дължина (м)	Празна част	ВВ Тип	Закъсн.	Дълж.Заряд		ВВ(кг)	ЛБ./бр
					Проект	Фактич		
1	7.2	1.5	ANFO	MS-24/600ms	5.7		28.3	1
2	10.1	4.0	ANFO	MS-22/550ms	6.1		30.3	1
3	13.7	3.0	ANFO	MS-19/475ms	10.7		53.3	2
4	18.6	1.5	ANFO	MS-17/425ms	13.0		64.7	2
5	25.6	9.0	ANFO	MS-15/375ms	5.0		24.9	1
6	38.5	HE	ANFO	HE	HE		HE	HE
7	36.7	5.0	ANFO	MS-13/325ms	8.5		42.3	1
8	35.1	HE	ANFO	HE	HE		HE	HE
9	31.4	1.5	ANFO	MS-11/275ms	11.5		57.2	2
10	30.7	HE	ANFO	HE	HE		HE	HE
11	34.5	7.0	ANFO	MS-12/300ms	6.0		29.9	1
12	36.1	HE	ANFO	HE	HE		HE	HE
13	38.0	4.0	ANFO	MS-14/350ms	9.5		47.3	1
14	25.9	HE	ANFO	HE	HE		HE	HE
15	20.9	1.5	ANFO	MS-16/400ms	12.0		59.7	2
16	13.8	6.0	ANFO	MS-18/450ms	7.8		38.7	1
17	10.5	3.0	ANFO	MS-20/500ms	7.5		37.1	1
18	7.8	1.5	ANFO	MS-22/550ms	6.3		31.3	1

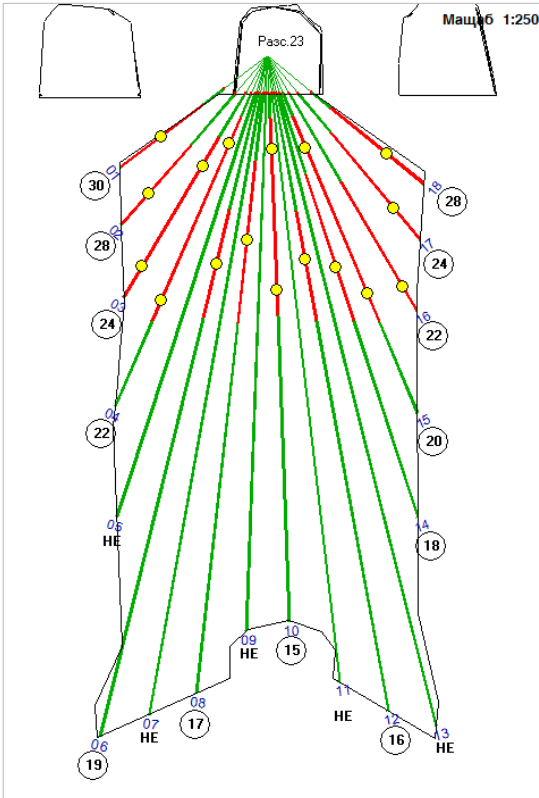
Сум.Дълж.Заряд (м)	109.6	Лин.Маса на Заряда (kg/m)	5.0
Сум.Маса ВВ (kg)	545.2		



	длъжност	ФАМИЛИЯ	ПОДПИС	ПАСПОРТ Взривяване на добивни взривни сондажи
	гл.инж.Р-с	Н.Симонови		
	от.инж.Д и ПВР	Ц.Балов		
Технически служби	ЧАСТ: ТЕХНОЛОГИЯ НА ДОБИВА	ДОБИВ И ПВР	ЧЕРТЕЖ №	МАЩАБ: 1:200

в)

НА ЦЯЛОТО ВЕТРИЛО +42



Блок-Хор.: 151-260	Разс.: P23	Ветр.№: 19 5С 260
--------------------	------------	-------------------

ПАСПОРТ НА ЗАРЕЖДАНЕ

Сонд	Дължина (m)	Празна част	ВВ Тип	Закъсн.	Дълж.Заряд		ВВ(kg)	ЛБ./бр
					Проект	Фактич		
1	7.6	1.5	ANFO	MS-30/750ms	6.1		30.2	1
2	10.2	4.0	ANFO	MS-28/700ms	6.2		30.8	1
3	13.9	3.0	ANFO	MS-24/600ms	10.9		54.1	2
4	19.9	1.5	ANFO	MS-22/550ms	13.0		64.7	2
5	26.0	HE	ANFO	HE	HE		HE	HE
6	38.6	7.0	ANFO	MS-19/475ms	6.5		32.3	1
7	36.8	HE	ANFO	HE	HE		HE	HE
8	35.1	4.0	ANFO	MS-17/425ms	9.5		47.3	1
9	31.3	HE	ANFO	HE	HE		HE	HE
10	30.8	1.5	ANFO	MS-15/375ms	11.5		57.2	2
11	34.5	HE	ANFO	HE	HE		HE	HE
12	36.6	7.0	ANFO	MS-16/400ms	6.5		32.3	1
13	38.0	HE	ANFO	HE	HE		HE	HE
14	26.0	5.0	ANFO	MS-18/450ms	9.0		44.8	1
15	20.2	1.5	ANFO	MS-20/500ms	13.0		64.7	2
16	14.7	6.0	ANFO	MS-22/550ms	8.7		43.4	1
17	11.1	3.0	ANFO	MS-24/600ms	8.1		40.4	1
18	8.5	1.5	ANFO	MS-28/700ms	7.0		34.8	1

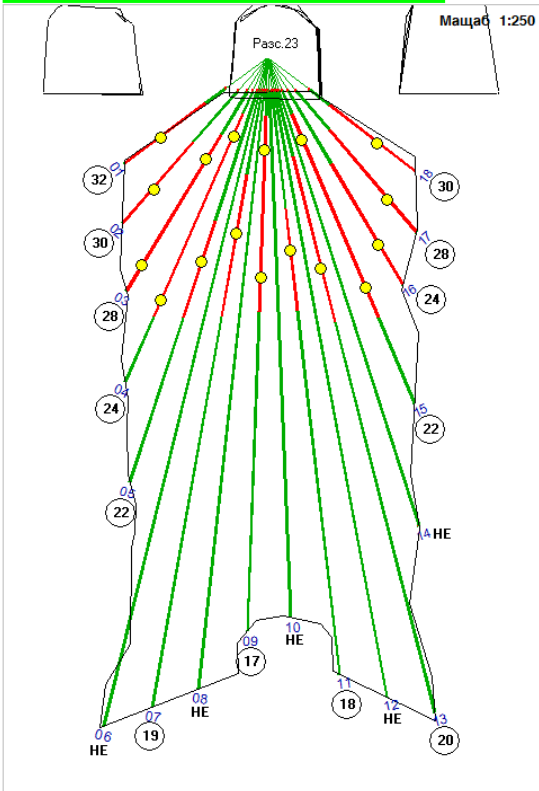
Сум.Дълж.Заряд (m)	116.0	Лин.Маса на Заряда (kg/m)	5.0
Сум.Маса ВВ (kg)	577.3		



ПАСПОРТ			
ДЪЛЖНОСТ	ФАМИЛИЯ	ПОДПИС	
гл.инж.Р-к	Н.Симонови		
от.инж.Д и ПВР	Ц.Балов		
ЧАСТ: ТЕХНОЛОГИЯ НА ДОБИВА		ЧЕРТЕЖ №	
Технически служби		Добив и ПВР	МАЩАБ: 1:200
			ДАТА: Comment4

Г)

НА ЦЯЛОТО ВЕТРИЛО +67



Блок-Хор.: 151-260	Разс.: P23	Ветр.№: 20 5С 260
--------------------	------------	-------------------

ПАСПОРТ НА ЗАРЕЖДАНЕ

Сонд	Дължина (m)	Празна част	ВВ Тип	Закъсн.	Дълж.Заряд		ВВ(kg)	ЛБ./бр
					Проект	Фактич		
1	7.5	1.5	ANFO	MS-32/800ms	6.0		29.7	1
2	10.4	4.0	ANFO	MS-30/750ms	6.4		31.8	1
3	13.8	3.0	ANFO	MS-28/700ms	10.8		53.5	2
4	18.7	1.5	ANFO	MS-24/600ms	13.0		64.7	2
5	24.2	8.0	ANFO	MS-22/550ms	6.0		29.9	1
6	38.4	HE	ANFO	HE	HE		HE	HE
7	36.7	5.0	ANFO	MS-19/475ms	8.5		42.3	1
8	35.3	HE	ANFO	HE	HE		HE	HE
9	31.7	1.5	ANFO	MS-17/425ms	11.5		57.2	2
10	30.9	HE	ANFO	HE	HE		HE	HE
11	34.5	7.0	ANFO	MS-18/450ms	6.0		29.9	1
12	36.2	HE	ANFO	HE	HE		HE	HE
13	37.6	4.0	ANFO	MS-20/500ms	10.0		49.8	1
14	26.8	HE	ANFO	HE	HE		HE	HE
15	19.9	1.5	ANFO	MS-22/550ms	13.0		64.7	2
16	13.2	5.0	ANFO	MS-24/600ms	8.2		40.9	1
17	10.9	3.0	ANFO	MS-28/700ms	7.9		39.4	1
18	7.9	1.5	ANFO	MS-30/750ms	6.4		31.7	1

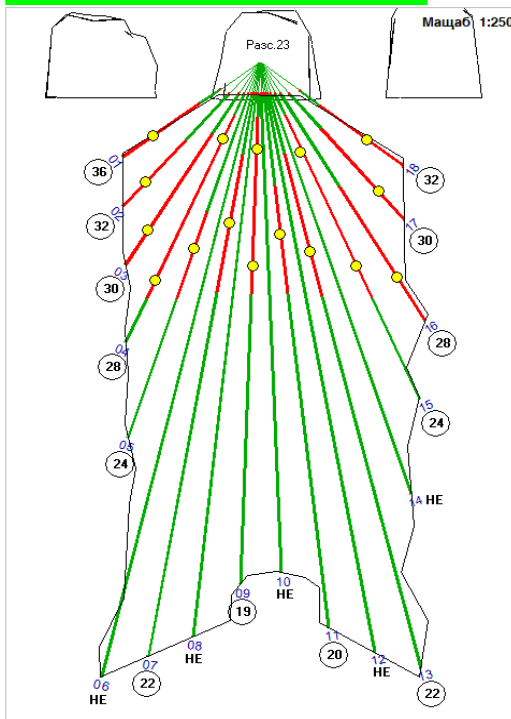
Сум.Дълж.Заряд (m)	113.7	Лин.Маса на Заряда (kg/m)	5.0
Сум.Маса ВВ (kg)	565.7		



ПАСПОРТ			
ДЪЛЖНОСТ	ФАМИЛИЯ	ПОДПИС	
гл.инж.Р-к	Н.Симонови		
от.инж.Д и ПВР	Ц.Балов		
ЧАСТ: ТЕХНОЛОГИЯ НА ДОБИВА		ЧЕРТЕЖ №	
Технически служби		Добив и ПВР	МАЩАБ: 1:200
			ДАТА: Comment4

Д)

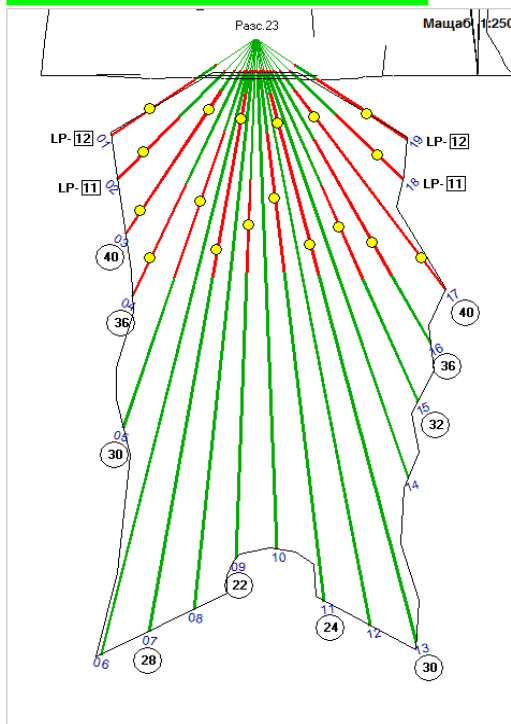
НА ЦЯЛОТО ВЕТРИЛО +109



Блок-Хор.:	151-260	Разс.: P23	Ветр.№: 21 5С 260					
ПАСПОРТ НА ЗАРЕЖДАНЕ								
Сонд	Дължина (m)	Празна част	ВВ Тип	Закъсн.	Дълж.Заряд		ВВ(kg)	ЛБ/бр
					Проект	Фактич		
1	7.4	1.5	ANFO	MS-36/900ms	5.9		29.5	1
2	9.8	4.0	ANFO	MS-32/800ms	5.8		28.9	1
3	13.1	3.0	ANFO	MS-30/750ms	10.1		50.1	1
4	17.6	1.5	ANFO	MS-28/700ms	13.0		64.7	2
5	23.4	8.0	ANFO	MS-24/600ms	6.0		29.9	1
6	38.7	HE	ANFO	HE	HE		HE	HE
7	36.9	4.0	ANFO	MS-22/550ms	9.0		44.8	1
8	35.2	HE	ANFO	HE	HE		HE	HE
9	31.6	1.5	ANFO	MS-19/475ms	11.5		57.2	2
10	30.9	HE	ANFO	HE	HE		HE	HE
11	34.7	6.0	ANFO	MS-20/500ms	7.0		34.8	1
12	36.7	HE	ANFO	HE	HE		HE	HE
13	38.2	4.0	ANFO	MS-22/550ms	9.5		47.3	1
14	27.2	HE	ANFO	HE	HE		HE	HE
15	21.6	1.5	ANFO	MS-24/600ms	13.0		64.7	2
16	17.1	7.0	ANFO	MS-28/700ms	10.1		50.4	1
17	10.8	3.0	ANFO	MS-30/750ms	7.8		38.7	1
18	8.0	1.5	ANFO	MS-32/800ms	6.5		32.4	1
Сум.Дълж.Заряд (m)					115.3			
Сум.Маса ВВ (kg)					573.8	Лин.Маса на Заряда (kg/m) 5.0		
Боевик: ЛБ-ДБ-450 Маса: 450 g Детонатор тип: Нонел MS		Устие на сондажа		Дублиращ Боевик При Лзаряд>10m	Нафтонит / ANFO	Нонел-MS	Боевик	
	ДЛЪЖНОСТ	ФАМИЛИЯ	ПОДПИС	ПАСПОРТ				
	гл.инж.Р-ж	Н.Симонков		Взривяване на добивни взривни сондажи				
	ст.инж.Д и ПВР	Ц.Балов		ЧАСТ: ТЕХНОЛОГИЯ НА ДОБИВА				
Технически служби	Добив и ПВР		ЧЕРТЕЖ №	МАЩАБ: 1:200				
				ДАТА: Comment4				

е)

НА ЦЯЛОТО ВЕТРИЛО +176



Блок-Хор.:	151-260	Разс.: P23	Ветр.№: 22 5С 260					
ПАСПОРТ НА ЗАРЕЖДАНЕ								
Сонд	Дължина (m)	Празна част	ВВ Тип	Закъсн.	Дълж.Заряд		ВВ(kg)	ЛБ/бр
					Проект	Фактич		
1	7.9	1.5	ANFO	LP-12/1200ms	6.4		31.7	1
2	9.6	4.0	ANFO	LP-11/1100ms	5.6		27.7	1
3	12.4	1.5	ANFO	MS-40/1000ms	10.9		54.2	2
4	16.0	8.0	ANFO	MS-36/900ms	8.0		39.6	1
5	24.1	4.0	ANFO	MS-30/750ms	10.0		49.8	1
6	38.6	HE	ANFO	HE	HE		HE	HE
7	36.6	1.5	ANFO	MS-28/700ms	12.0		59.7	2
8	34.8	HE	ANFO	HE	HE		HE	HE
9	31.3	7.0	ANFO	MS-22/550ms	6.0		29.9	1
10	30.7	HE	ANFO	HE	HE		HE	HE
11	34.3	4.0	ANFO	MS-24/600ms	9.0		44.8	1
12	36.2	HE	ANFO	HE	HE		HE	HE
13	37.9	1.5	ANFO	MS-30/750ms	12.0		59.7	2
14	27.6	HE	ANFO	HE	HE		HE	HE
15	23.1	8.0	ANFO	MS-32/800ms	6.5		32.3	1
16	20.0	5.0	ANFO	MS-36/900ms	10.0		49.8	1
17	17.4	1.5	ANFO	MS-40/1000ms	15.9		79.0	2
18	9.8	4.0	ANFO	LP-11/1100ms	5.8		29.0	1
19	8.4	1.5	ANFO	LP-12/1200ms	6.9		34.1	1
Сум.Дълж.Заряд (m)					124.9			
Сум.Маса ВВ (kg)					621.5	Лин.Маса на Заряда (kg/m) 5.0		
Боевик: ЛБ-ДБ-450 Маса: 450 g Детонатор тип: Нонел MS		Устие на сондажа		Дублиращ Боевик При Лзаряд>10m	Нафтонит / ANFO	Нонел-MS	Боевик	
	ДЛЪЖНОСТ	ФАМИЛИЯ	ПОДПИС	ПАСПОРТ				
	гл.инж.Р-ж	Н.Симонков		Взривяване на добивни взривни сондажи				
	ст.инж.Д и ПВР	Ц.Балов		ЧАСТ: ТЕХНОЛОГИЯ НА ДОБИВА				
Технически служби	Добив и ПВР		ЧЕРТЕЖ №	МАЩАБ: 1:200				
				ДАТА: Comment4				

ж)

Фиг.4.3.1. Паспорти за зареждане на камера 5С ветрила 16-22 горни части

Зареждането се извършва от хоризонт 260, последователността на взривяване на сондажите е показана на паспорта за зареждане. Определената линия на най-малко съпротивление на заряда при добивните ветрила е $W=2,3m$.

За сондажно-взривното отбиване на рудата, като основно взривно вещество се използва нафто-селитрена взривна смес тип Ексан.

Иницирирането на зарядите се извършва с използване на неелектрически детонатори с милисекунден интервал на закъснение тип ЕКСЕЛ -MS. За патрон-боевик се използва - бустер тип „ЛБ-Д5-450“ с маса 0,450 kg. При зареждане първо в дъното на сондажа се изгражда заряд от нафто-селитрена взривна смес с дължина 2÷2,5 m, поставя се патрон-боевикът по метода на обратното иницириране, след което - основният заряд от нафто-селитрена взривна смес. При дължина на зарядите над 10 m, от към устието на сондажа, 2 m преди края на заряда от нафто-селитрена взривна смес, се поставя дублиращ боевик с детонатор със същото закъснение, както този в дъното на сондажа по метода на обратното иницириране.

Анализ на данните от проведено измерване на 28.10.2019 г.
Измервателна точка 1, хоризонт 260

$$\varepsilon = \frac{V}{C_p} = \frac{0,153}{2500} = 6,15 \times 10^{-5}$$

На дата **28.10.19** г., в точка 1, максимално достигнатото взриво-сеизмично въздействие при взривяване на 133,2 kg в една степен на закъснение на разстояние 11.9 m е V-та степен по

МШК-Д: „Усеща се масово, спящи се събуждат, по-леки предмети се местят и завъртат; появяват се отделни слаби пукнатини в мазилката; рядко се наблюдава промяна на дебита на извори.“

Измервателна точка 2, хоризонт 260

$$\varepsilon = \frac{V}{C_p} = \frac{0,048}{2500} = 1,92 \times 10^{-5}$$

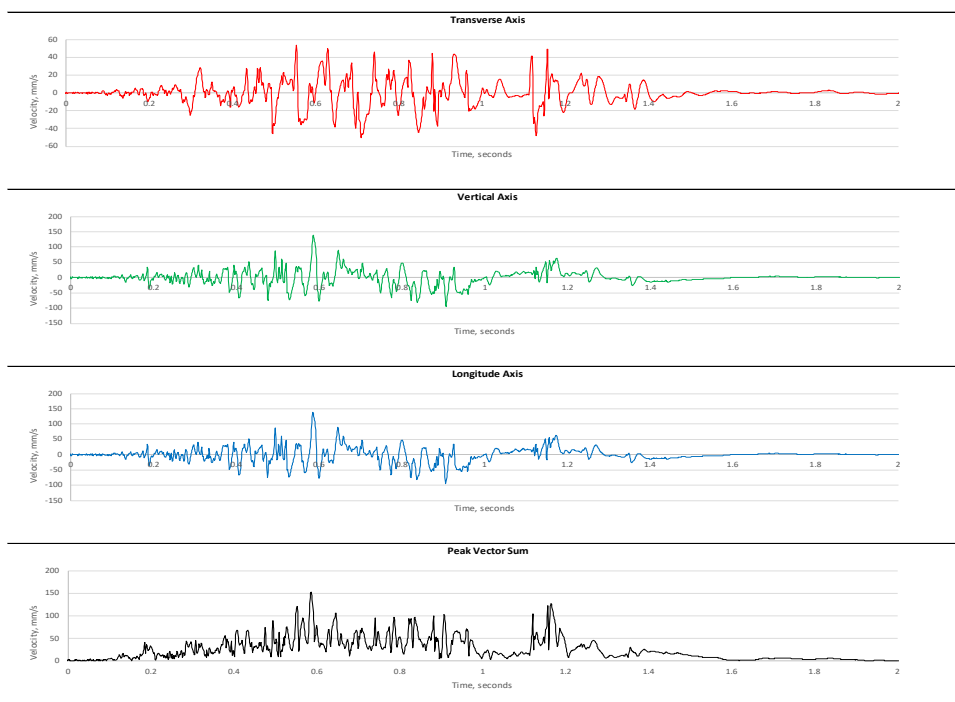
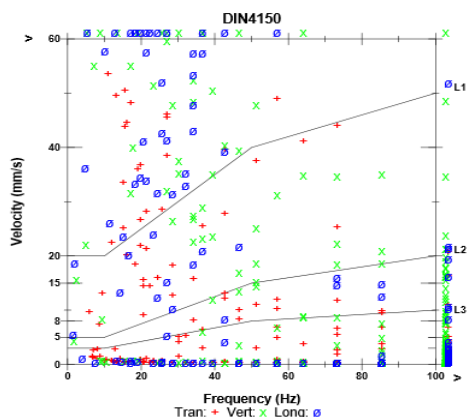
На дата **28.10.19** г., в точка 2, максимално достигнатото взриво-сеизмично въздействие при взривяване на 133.2 kg в една степен на закъснение на разстояние 31.1 m е IV-та степен по

МШК-Д: „Усеща се от много хора в сградите, от единици на открито, тракат врати, съдове; скърцат стени и подове; няма ефекти върху природната среда.“

Дата на взривяване:	28 октомври 2019
Хоризонт:	260
Измервателна точка:	1
Сеизмограф S/N:	535

Ветрило N:	16	17	18	19	20	21	22
Qвв max, kg:	82.0	76.4	61.6	108.1	105.6	115.1	133.2
Хипоц. разстояние, m:	25.6	23.3	21.0	18.7	16.4	14.2	11.9
Хор. разстояние, m:	25.6	23.3	21.0	18.7	16.4	14.1	11.8
Вер. разстояние, m:	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Разстояние м/у ветрилата, m:	2.30						

	Tran	Vert	Long	
PPV	53.6	140	117	mm/s
PPV (Ponderated)	50.3	152	124	mm/s
ZC Freq	11	27	27	Hz
Time (Rel. to Trig)	0.554	0.585	1.164	sec
Peak Acceleration	4.10	6.12	6.97	g
Peak Displacement	0.459	1.06	1.35	mm
Sensor Check	Passed	Passed	Passed	
Frequency	7.6	7.5	7.3	Hz
Overswing Ratio	3.4	3.6	3.5	
Peak Vector Sum	153 mm/s at 0.586 sec			



Фиг.4.3.2. Сеизмограма на точка 1 от 28.10.2019г.

Най-високата стойност на пиковата скорост на частиците на точка 1 отчетена PPV=153,0 mm/s. Геофона е разположен на хоризонт 260, който се намира на 11,9 m от хипоцентъра на взрива. На точка 2 със стойност PPV=48,0 mm/s. Геофона е разположен на хоризонт 260, който се намира на 31,1 m от хипоцентъра на взрива. На точка 4 със стойност PPV=73,63 mm/s. Геофона е разположен на хоризонт 225, който се намира на 33,4 m от хипоцентъра на взрива. На точка 5 със стойност PPV=25,42 mm/s. Геофона е разположен на хоризонт 225, който се намира на 48,9 m от хипоцентъра на взрива. На точка 6 със стойност PPV=14,04 mm/s. Геофона е разположен на хоризонт 225, който се намира на 66,9 m от хипоцентъра на взрива.

4.4. Оценка на динамичните въздействия от взривни работи.

Последствията от взривосеизмичното въздействие зависят от величините на получените относителни деформации при динамично натоварване и разтоварване. По принцип от физикомеханична гледна точка сеизмичните вълни представляват процес на пренасяне деформации на разстояние.

В случаят регистрираните относителни деформации в измерваната точка се определят от израза:

$$\varepsilon = \frac{V}{C_p} \quad (4.4.1)$$

където: ε е относителната деформация при динамично натоварване и разтоварване на средата;

V – максимална скорост на преместване (трептене, колебание), cm/s.

$$V_x = KR_x - n, \text{ cm / s}$$

(4.4.2)

K – константа на средата (трансмисионен фактор), която зависи от хомогенността на скалата и наличието на разломи и напуканост;

R_x – приведено разстояние $m/kg^{1/3}$;

n – степенен показател на затихване на сеизмичните вълни, който за зоната извън сеизмичното огнище (приведени разстояния от 10 до 170 $m/kg^{1/3}$) е 1,5.

C_p – скорост на разпространение на надлъжните еластични вълни в средата.

Охраняваните обекти спадат към I клас (изключително отговорни съоръжения), за които нивото на допустимата относителна деформация в средата е $\varepsilon \leq 0,0001$ (1×10^{-4}), при което сеизмичното въздействие върху тях е без образуване и натрупване на остатъчни деформации (Табл. 8.6, стр. 202 – Взривни Работи, Сл. Лазаров)

Връзката между регистрираните относителни деформации при динамичното натоварване и разтоварване на средите породено от сеизмичните вълни и степените на сеизмичната интензивност от много извършени у нас изследвания има вида:

$$I = 3,3219 \lg \varepsilon + 19,2876, \quad (4.4.3)$$

където: I е степента на сеизмичната интензивност по дванадесетстепенната скалата на МШК-Д

ε – относителната деформация при динамично натоварване и разтоварване на средата.

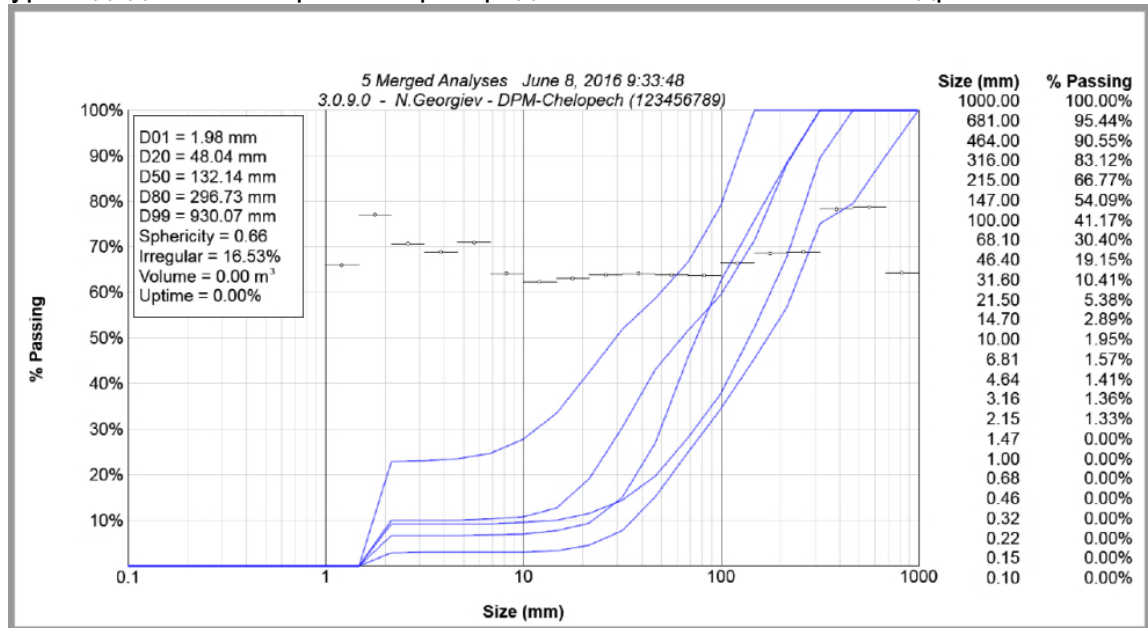
На база получените от измерването стойности и съгласно горепосочените изрази, в случая нивото на относителна деформация при $C_p = 2500$ m/s - най-неблагоприятната скорост на разпространение на надлъжните еластични вълни съгласно (табл. 15.7. Приложение 2. от „Ръководство за проектиране на сгради и съоръжения в земетръсни райони“ от 1990 г.). резултатите са дадени в раздел 5.5. Раздробяване на рудата.

4.5. Раздробяване на рудата

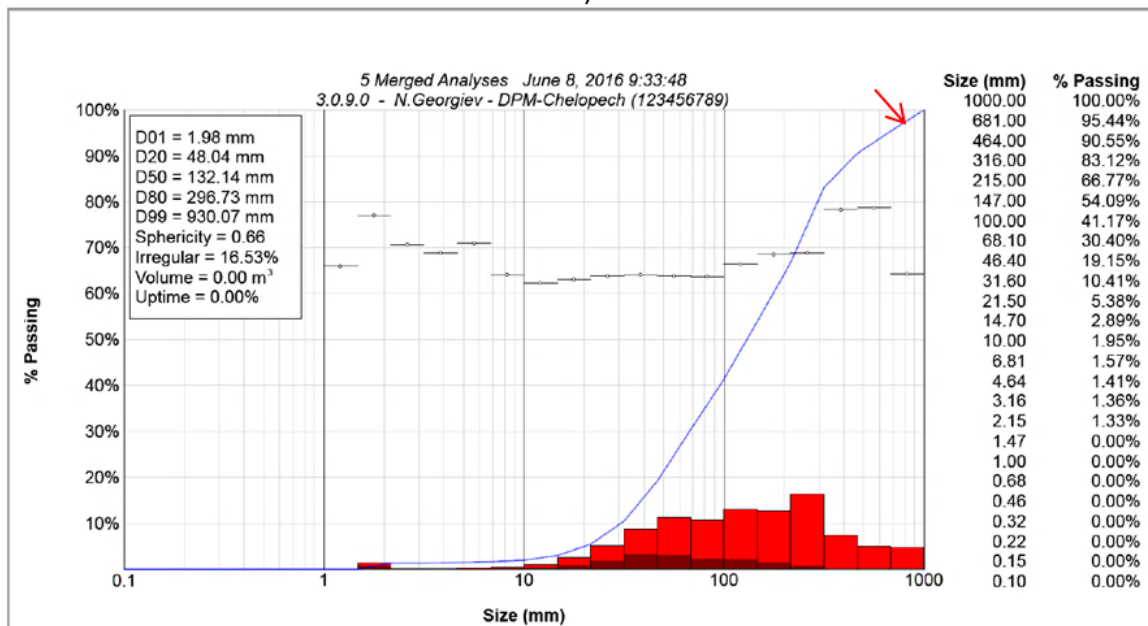
Реалната степен на раздробяване на отбитата руда в рудник „Челопеч“ обикновено не създава проблеми. Тя се документира и изследва епизодично, когато

се установи промяна в зърнометричния състав и стане необходимо да се изяснят причините за това, или когато се провеждат тестове. През 2017г. се направи анализ на производствените взривявания в рудник „Челопеч“ и получените резултати за размера на средния къс в изследваните камери (средно (186.62 mm) при линия на най-малко съпротивление ($W=2,1\div 2,2$ m) и разстояние между краищата на сондажите 2,2 m

На фигура 4.5.1 са представени данни по раздробяването за камера с $W = 2,1$ m, като на фигура 4.5.1 а са показани кривите на преминаващия процент от 5 снимки, а на фигура 10.1 б – обобщената крива на раздробяването. Освен това, на втората фигура е дадена хистограма на разпределението на късовете по едрина.



а)



б)

Фиг. 4.5.1 Данни по раздробяването за камера $W = 2,1$ m

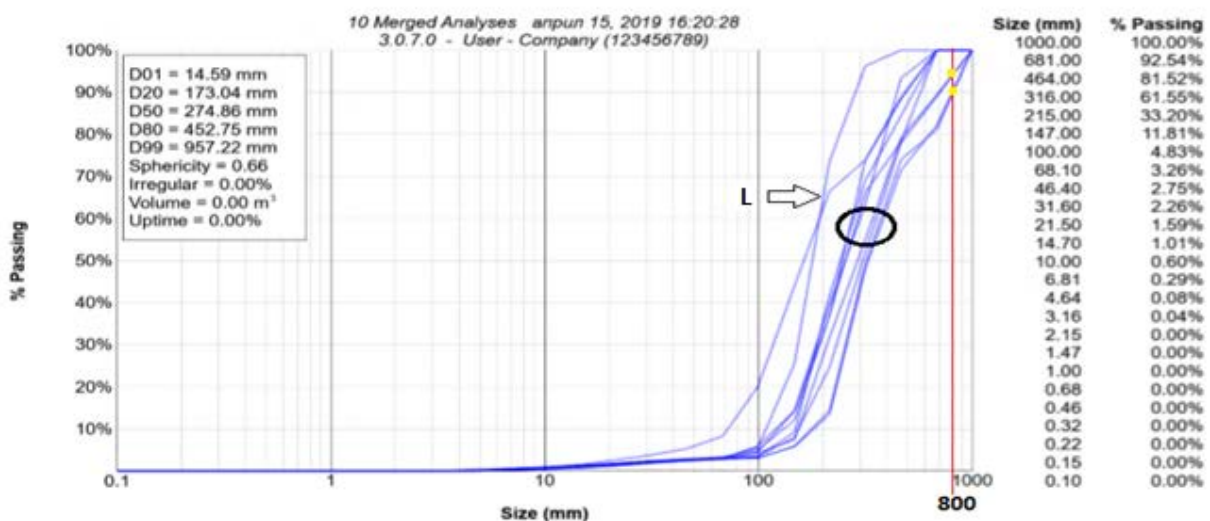
а) криви на преминаващия процент от 5 снимки; б) обобщената крива на раздробяването

Хистограмата показва нормално разпределение с изместване в ляво, което означава, че преобладават ситните фракции. Най-голям дял има фракцията 147-215 mm, съставляващ 12,68% от общата маса (най-високото стълбче). Точните размери на фракцията се установяват от таблицата за преминаващия кумулативен процент. От фигура 4.5.1 б може още да се види, че в точката, в която кривата на раздробяването пресича линията на размер 800 mm (посочена с червената стрелка), около 97% от късовете са под 800 mm, или негабаритите са около 3%. От получените резултати за размера на средния къс в изследваните камери - средно 186,62 mm, се увеличи линията на най-малко съпротивление на $W=2,3$ m и разстояние между краищата на сондажите 2,4-2,5 m.

В настоящия анализ се разглежда степента на раздробяване на отбитата руда след увеличаване на линията на най-малко съпротивление.

Документирането се извършва със заснемане на повърхността на отбитата руда с фотокамера и използване на софтуера WipFrag за обработка на данните. За настоящия анализ са предоставени общо 39 наблюдения, като наблюденията са направени на различни рудни тела (19E; 19W; 103; 150 и 151) на горни части, долни части, долни десни части, долни леви части и цели ветрила на: - 14 - за бл. 19E; - 6 - за бл. 19W; - 2 - за бл. 103; - 12 - за бл. 150; - 5 - за бл. 151 при диаметър на сондажа 89 mm.

За пример се разглежда обработените данни от наблюденията, извършени в камера 19E-200-71A при взривяване на сондажи с диаметър 89 mm. В снимките са включени цели ветрила и горни части. Изображението включва графика - криви на преминаващия кумулативен процент (криви на раздробяването) и таблични данни (фиг. 4.5.2.). При този тип анализи се използва понятието „Преминаващ кумулативен процент“, което означава колко процента от общото количество отбита руда преминава през сито с определен размер. Преминалият процент се сумира с предишния и става „кумулятивен“.



Фиг. 4.5.2. Криви на преминаващия кумулативен процент (криви на раздробяването) в камера 19E-200-71A

Резултатите, представени на фигура 4.5.2 дават основание да се направят следните изводи:

1. Представени са десет криви на преминаващия кумулативен процент (криви на раздробяването), които отговарят на десет наблюдения (10 снимки) на повърхността на отбитата руда. Осем от кривите (оградените с елипса) са близко разположени една до друга, което означава приблизително еднакво раздробяване. Двете криви отляво L са изтеглени наляво – към по-малкия размер и показва, че е товарена по-дребна руда.

2. Прозорчето в левия горен ъгъл на графиката дава статистически данни за процента на преминаващия размер, които означават следното:

D01 – 1% от материала е с размер до 14,59 mm;

D20 – 20% от материала са с размер до 173,04 mm;

D50 – 50% от материала е с размер до 274,86 mm;

D80 – 80% от материала е с размер до 452,75 mm;

D99 – 99% от материала е с размер до 957,22 mm.

За условията на рудник „Челопеч“ негабарити са късове с размер над 800 mm. В разглеждания случай четири от кривите на преминаващия кумулативен процент пресичат линията на размер 800 mm (линията е оцветена с червено, а местата на пресичане – с жълти точки). Кривите пресичащи линията на размер 800 mm равнището 91÷95 %, което означава, че около 5÷9 % са негабарити, но само за този цикъл на товарене. За разглеждания пример става ясно, че щом като 99% от материала е с размер до 957,22 mm, само 1% е с по-големи размери.

В използвания софтуер този размер не е зададен, поради което статистиката на програмата не разделя късовете до и над 800 mm.

4.6. Среден размер на къса и количество негабарити

Средният размер на къса е една от най-важните характеристики на раздробяването, тъй като дава реална представа за степента на раздробяване. За разлика от количеството негабарити, което дава относителна оценка на качеството на раздробяване, средният линеен размер на къса е показател за абсолютното качество на раздробяване на взривената маса – добро или лошо. Намалването на средния линеен размер на къса означава по-дребно раздробяване общо за цялата взривена маса, а увеличаването му – по-едро раздробяване.

Въз основа на данните за преминаващия кумулативен процент за разгледаните по-горе камери, са изчислени средните размери на къса. Резултатите са дадени в табл. 4.6.1.

Таблица 4.6.1.

Среден размер на къса в камерите с документирано раздробяване

Камера	Среден размер на къса, mm
19E200-71A	390.73
19W-290-14B	577.16
151-165-15C	345.59
150-165-3A	529.08
103-300-5B	561.60

Получени резултати за размера на средния къс в изследваните камери (средно 480,83 mm).

Известно е също, че в практиката средният размер на къса е свързан с кондиционния къс чрез съотношението:

$$d_{cp} = 1/2 d_{конд}. \quad (4.5.2)$$

В анализа на раздробяването следва да участва и друг важен показател – „количество негабарити“, който от своя страна служи за оценка на относителното качеството на раздробяване.

Взривното раздробяване на скалните масиви е сложен физически процес, за който са извършени и продължават да се извършват разнообразни изследвания. За подобряване на резултатите от пробивно-взривните работи в рудник „Челопеч“ е необходимо периодично да се извършват наблюдения, получените данни да се обработват и да се извеждат зависимости, отразяващи конкретните условия.

4.7. Постигнати резултати

Както се вижда, след направените промени на параметрите на пробиване с увеличаване на линията на най-малко съпротивление (ЛНС - W) в Таблица 4.7.1 и Таблица 4.7.2 и съответно увеличаването на разстоянието между краищата на сондажите, води до оптимизиране на количеството взривна енергия, която е причина за по-голям обем отбита руда на едно добивно ветрило с 9,5% и с 9,0% по-голямо количество отбита руда във ветрилото в тонове.

С повишаването на разстоянието между ветрилата (W), намалява сумарната дължина на взривните сондажи с 9,0%. След извършените промени се установи, че се намалява разходът за отбиване на 1 m³ руда с 18%, а отбитата руда от 1 линеен метър сондаж нараства с 19,8%. От постигнатите резултати се установява, че разходът на взривно вещество намалява с 9,0%, а относителният разход на взривно вещество намалява с 17,0%. Постигнатите резултати се изразяват така също в намаляване на разхода на взривни материали и физическия труд.

Таблица 4.7.1

Показатели при линия на най-малко съпротивление W=2,1 m

Взривно Вещество (ВВ)	ANFO	
ЛНС	m	2,1
Плътност	g/cm ³	0,82
Скорост на детонация	m/s	3,800
Диаметър на сондажите	mm	89
Площ на средност. ветрило	m ²	529,4
Общ метраж сондажи	m	428,1
Обща маса на ВВ	kg	1558,2
Обем руда във ветрилото	m ³	1111,74
Тонаж руда във ветрилото	t	3456,4
Лин.маса	kg/m	5,1
Относителен разход ВВ	kg/t	0,48

Таблица 4.7.2

Показатели при линия на най-малко съпротивление $W=2,3m$

Взривно Вещество (ВВ)	ANFO	
ЛНС	m	2,3
Плътност	g/cm ³	0,82
Скорост на детонация	m/s	3,800
Диаметър на сондажите	mm	89
Площ на средното ветрило	m ²	529,4
Общ метраж сондажи	m	391
Обща маса на ВВ	kg	1423.2
Обем руда във ветрилото	m ³	1218,15
Тонаж руда във ветрилото	t	3787,2
Линейна маса	kg/m	5,1
Относителен разход ВВ	kg/t	0,40

Крайният резултат в следствие на приложените оптимизирани стойности за линията на съпротивление в основата за конкретните условия на рудник „челопеч“ е повишаване на зърнометричния състав на къс 480 mm, като същевременно процентът негабарити се запазва.

ОСНОВНИ ИЗВОДИ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

От извършената научна, научно-изследователска и внедрителска работа по отношение оптимизацията на параметрите на пробивно-взривните работи в рудник „Челопеч“ в обобщен вид са дадени основните изводи както следва:

1. Ефективното управление е от изключително значение предварителната подготовка чрез раздробяване за отделянето на полезното изкопаемо от масива посредством взривяване по отношение на качествените и количествени характеристики на процеса. Световният практически опит, както и този на национално ниво, дава възможност да се изясни до висока степен качествено механизъмът на взривното разрушаване, както и да се изведат редица зависимости.

2. Взривното разрушаване на твърда скална среда се извършва от съвместното действие на разпространяващата се вълна на напрежения, която образува пукнатини в средата преди и след взаимодействието си с откритата плоскост, и от налягането на газовете в зарядното пространство, водещо до пукнатинообразуването и придаващо кинетична енергия на късовете.

3. Интензивността на разрушаване зависи от параметрите на вълната на напрежения, продължителността на действие на положителната фаза, максимална радиална скорост на колебания на скалните частици, макси-

мални радиални напрежения, импулс и енергия. Максимално достоверни стойности на тези параметри могат да се получат само чрез непосредственото им инструментално измерване в масива.

4. Върху резултатите от разрушаването оказват влияние състоянието и площта на откритата плоскост. Свободната плоскост отразява напълно падащата вълна на напрежения, а несвободната, контактуваща с материал с друга плътност - частично. Недостатъчната площ на откритата плоскост създава „стеснени“ условия на работа на взрива.

5. Макроструктурата на скалната среда влияе върху разпространението на полето на напрежения, като при наличието на пукнатините го ограничава, а при наличие на слоеве – го деформира. Тези особености изменят развитието на процеса и влияят върху степента на раздробяване.

6. От извършеният анализ на пробивно взривните работи в рудник „Челопеч“ се установява, че Паспортите на пробиване и взривяване по вид и съдържание съответстват на високите стандарти в страните с развита минна промишленост. Те се основават на геометричните параметри, експериментално доказани в практиката на рудника.

7. Създадена е измерителна система и методика за определяне на действителните параметри на вълните на напрежения, като са проверени многократно в промишлени условия.

8. Преоразмеряването на параметрите на пробиване с увеличаване на линията на най-малко съпротивление таблица 4.7.1 и таблица 4.7.2 и съответното увеличаване на разстоянието между крайната дълбочина на сондажите, води до оптимизиране на количеството взривна енергия, която е причина за по-голям обем отбита руда на едно добивно ветрило с 9,5% и с 9,0% по-голям тонаж във ветрилото.

9. С повишаването на разстоянието между ветрилата, намалява сумарната дължина на взривните сондажи с 9,0%. След извършените промени се установи, че се ограничава разходът за отбиване на 1 m³ руда с 18,0%, а отбитата руда от 1 линеен метър сондаж нараства с 19,8%. От постигнатите резултати се установява, че разходът на взривно вещество намалява с 9,0%, респ. относителният разход на взривно вещество намалява с 17,0%.

10. Оптимизираните параметри на взривно-сондажната мрежа водят до намаляване на разхода на взривни материали и физическия труд. Крайният резултат в следствие на приложения подход при конкретните условия в рудник „Челопеч“ е повишаване на зърнометричния състав на къс 460 mm, като същевременно процентът негабарити се запазва.

11. За подобряване на резултатите от пробивно-взривните работи в рудник „Челопеч“ е необходимо периодично да се извършват наблюдения, получените данни да се обработват и да се намират корелационни зависимости, отразяващи взаимната обвързаност на параметрите на взривните работи и условията на прилагане. За осигуряване на безопасно и ефективно изпълнение на пробивно- взривните работи техническите служби на рудника е необходимо да изготвят проектната и изпълнителната документация за взривяванията точно и коректно, да наблюдават и регистрират резултатите

от извършването им, да се контролира спазването на паспортите за пробиване и зареждане. Получената и обработена информация, както и анализа е предпоставка за извършване на допълнителни периодични изследвания. Целта е оптимизиране на прилаганите параметри на пробивно-взривните работи и подобряване на ефективността им при спазване на изискванията за пълна безопасност.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Взривното раздробяване на скалните масиви е сложен физически процес, за който са извършени и продължават да се извършват разнообразни изследвания. За подобряване на резултатите от пробивно-взривните работи в рудник „Челопеч“ е необходимо периодично да се извършват наблюдения, получените данни да се обработват и да се извеждат зависимости, отразяващи конкретните условия.

За осигуряване на безопасно и ефективно изпълнение на пробивно взривните работи технически служби на рудник „Челопеч“ изготвят проектната и изпълнителна документация за взривяванията, наблюдават и регистрират резултатите от извършването им. Следи се за точността на пробиване на взривните сондажи, като се изясняват подробно причините за евентуалните отклонения. Контролира се спазването на паспортите за пробиване и зареждане, документираща се раздробяването на отбитата руда, като резултатите се обработват със специализиран софтуер. Извършват се сеизмични наблюдения и се регистрират взривно-сеизмичните колебания, като се следи пиковата скорост на частиците да не превишава допустимите стойности. Налице е голям обем събрана информация, обработването и анализирането на която ще доведе до изводи за необходимите изследвания, които трябва да се извършат периодично. Целта е усъвършенстване на прилаганите параметри на пробивно-взривните работи и подобряване на ефективността им при спазване на изискванията за безопасност.

Във връзка с повишаване безопасността на труда при извършване на взривните работи, в рудник „Челопеч“ е въведена в експлоатация система за дистанционно взривяване на заредените забои и камери от повърхността след извеждане на всички подземни работници и служители на повърхността.

Паспортите на пробиване и взривяване в рудник „Челопеч“ по вид и съдържание съответстват на високите стандарти в страните с развита минна промишленост. Те се основават на геометричните параметри, експериментално доказани в практиката на рудника - линията на най-малко съпротивление, разстоянията между краищата на сондажите, както и разстоянията между дъната на сондажите и близко разположени иззети пространства – празни или запълнени. В паспортите на пробиване се дават всички необходими данни за извършване на пробивните работи за всяко отделно ветрило: място на позициониране на пробивната машина, тип на сондата, диаметър на сондажа, положението на центъра (центровете) на въртене на пробивната машина, наклон на плоскостта на разполагане на сондажите. В табличен вид се вписват данните за пробиване – номер на сондажа, центъра, от който се пробива, ъгъл на пробиване, дълбочина на сондажа и др.

НАУЧНИ И НАУЧНО ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ

В представената дисертационна работа са извършени комплексни изследвания в реални инженерно-геоложки и минно-технически условия в рудник „Челопеч“ за управление параметрите на технологичните взривявания в резултат на което са постигнати следните научни и научно-приложни приноси:

1. Изучени и обобщени са световните и наши достижения при взривното отбиване, което е основната технология при добива на руда. Целта на изследването е постигане на ефективно управление на действието на взрива в скалния масив, респ. подобряване резултатите от него.

2. Адаптирани са теоретично-експерименталните постановки на проблема в резултат на извършените досега многобройни изследвания в областта на взривните работи в световната практика и у нас, които позволяват да се изясни в значително висока степен качествено механизъмът на взривното разрушаване, както и да се изведат редица количествени зависимости.

4. Разработена е и е предложена методика на изследване с използване на съвременна апаратура, 6 триосни геофона и сеизмична апаратура Minimate Blaster на фирма InstanTel и SuperGraph на фирма NOMIS. Методиката е апробирана в реални условия в рудник „Челопеч“.

5. Извършено е преоразмеряване на параметрите на пробиване чрез увеличаване на линията на най-малко съпротивление и съответното нарастване на разстоянието между краищата на сондажите. Въз основа на това са проведени промишлени изследвания и анализ на получените резултати от нововъдената взривно-сондажна мрежа.

6. Експерименталните изследвания доказват оптимизиране на количеството взривна енергия, като е получено по-голям обем отбита руда на едно добивно ветрило с 9,5% и с 9,0% по-голям тонаж във ветрилото. С повишаването на разстоянието между ветрилата, намалява сумарната дължина на взривните сондажи с 9,0%. След извършените промени се установи, че се ограничава разходът за отбиване на 1 m³ руда с 18,0%, а отбитата руда от 1 линеен метър сондаж нараства с 19,8%. От постигнатите резултати се установява, че разходът на взривно вещество намалява с 9,0%, а относителният разход на взривно вещество намалява с 17,0%.

7. Предложените нови параметри на пробивно-взривните работи водят до намаляване на разхода на взривни материали и физическия труд. Крайният резултат в следствие на приложените промени в реална среда е и повишаване на зърнометричния състав на къс 460 mm, като същевременно процентът негабарити се запазва.

ПУБЛИКАЦИИ, СВЪРЗАНИ С ТЕМАТА НА ДИСЕРТАЦИЯТА

1. Стилиян Минкин, **Цветан Балов**, Сергей Михалев, МЕТОДИ И ТЕХНОЛОГИИ ЗА МИНИМИЗИРАНЕ НА НАДРАБОТКАТА ПРИ ПРОХОДЧЕСКИТЕ ДЕЙНОСТИ В РУДНИК „ЧЕЛОПЕЧ“. Сборник с доклади от петата национална научна-техническа конференция с международно участие „Технологии и практики при подземен добив и минно строителство“, 4-7 Октомври 2016г.

2. **Цветан Балов**, Николай Георгиев, Елена Филипова, ПРИЛАГАНЕ НА МЕХАНИЗИРАНО ЗАРЕЖДАНЕ НА ВЗРИВНИ ДУПКИ И СОНДАЖИ С ЕМУЛСИОННО

ВЗРИВНО ВЕЩЕСТВО В УСЛОВИЯТА НА РУДНИК „ЧЕЛОПЕЧ“, Сборник с доклади от петата национална научна-техническа конференция с международно участие „Технологии и практики при подземен добив и минно строителство“, 1-4 Октомври 2018г.

3. Драгомир Стефанов, **Цветан Балов**, Иванка Попова, АНАЛИЗ НА ВЗРИВНИТЕ РАБОТИ В РУДНИК ДЪНДИ ПРЕШЪС МЕТАЛС „ЧЕЛОПЕЧ“ I ЧАСТ. АНАЛИЗ НА ПАРАМЕТРИТЕ НА ПРОИЗВОДСТВЕНИТЕ ВЗРИВЯВАНИЯ В РУДНИК „ЧЕЛОПЕЧ“, Сборник с доклади от петата национална научна-техническа конференция с международно участие „Технологии и практики при подземен добив и минно строителство“, 1-4 Октомври 2018г.

4. Драгомир Стефанов, **Цветан Балов**, Иванка Попова, АНАЛИЗ НА ВЗРИВНИТЕ РАБОТИ В РУДНИК ДЪНДИ ПРЕШЪС МЕТАЛС „ЧЕЛОПЕЧ“ II ЧАСТ. АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОТ ПРОИЗВОДСТВЕНИТЕ ВЗРИВЯВАНИЯ – РАЗДРОБЯВАНЕ НА ОТБИТАТА РУДА И СЕИЗМИЧНО ДЕЙСТВИЕ НА ВЗРИВА, Сборник с доклади от петата национална научна-техническа конференция с международно участие „Технологии и практики при подземен добив и минно строителство“, 1-4 Октомври 2018г.

5. Tsvetan Balov, ANALYSIS OF THE POTENTIAL CAUSES OF FINER FRAGMENTATION OF BLASTED ORE, 10th ANNIVERSARY WORLD CONFERENCE HELSINKI 2019, 15-18 September 2019

6. Драгомир Стефанов, **Цветан Балов**, Ивайло Копрев, РАЗРАБОТВАНЕ НА ИЗМЕРИТЕЛНА СХЕМА ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ ПАРАМЕТРИТЕ НА ВЪЛНИТЕ НА НАПРЕЖЕНИЯ ПРИ ВЗРИВНОТО РАЗРУШАВАНЕ НА МАСИВА ЗА УСЛОВИЯТА НА РУДНИК „ЧЕЛОПЕЧ“, Международна научна конференция Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“ 18 Октомври 2019г.

7. **Цветан Балов**, АНАЛИЗ НА ВЪЗМОЖНИТЕ ПРИЧИНИ ЗА ПОВИШЕНАТА СТЕПЕН НА РАЗДРОБЯВАНЕ НА ВЗРИВЕНАТА РУДА, Сборник с доклади от петата национална научна-техническа конференция с международно участие „Технологии и практики при подземен добив и минно строителство“, 5-8 Октомври 2020г.

ЛИТЕРАТУРА КЪМ АВТОРЕФЕРАТА

1. Безматерних В.А. *Связь состояний разрушения и волнового процесса в стержнях горных пород при взрывах. Горный журнал, 1985/12.*

2. Бирюков А.В., И.А. Паначев. *К выбору математической модели кусковатости взорванной породы. Горный журнал, 1985/8.*

3. Власов А.Е., С.А. Смирнов. *Основы расчета дробления горных пород взрывом. Изд. АН СССР, 1962.*

4. Демидюк Г.П., В.Ф. Ведутин. *Эффективность взрыва при проведении вьфаботок. Москва, "Недра", 1973.*

5. Демидюк Г.П., Л.В. Дубнов, В.В. Стоянов и др. *Техника и технология на взривните работи в рузниците. София, "Техника", 1979.*

6. Друкований М.Ф.. *Действие взрьша в горнних породах. Киев, "Наукова Думка", 1983.*

7. Комир В.М. и др. *Повышение эффективности действия взрыва в твердой среде.* Москва, "Недра", 1988.
8. Конюхов Н.Е., Ф.М. Медников, М.Л. Негаевский. *Электромагнитные датчики механических величин.* Москва, "Машиностроение", 1987.
9. Лангефорс У., Б. Кильстрем. *Современная техника взрывной отбойки горных пород.* Москва, "Недра", 1968.
10. Мисник Ю.М., В.А. Боровиков, Е.Г. Карпунов. *Действие волны напряжений в угле и сланце.* Известия ВУЗ Горный журнал, 1965/8.
11. Мосинец В.Н. *Дробящее и сейсмическое действие взрыва в горных породах.* Москва, "Недра", 1976.
12. Радионов В.Н. и др. *Механический эффект подземного взрыва.* Москва, "Недра", 1971.
13. Фадеевков Н.П. и др. *Способ дезинтеграции руд.* Бюл. изобретений, 1985,44.
14. Ханукаев А.Н. *Энергия волн напряжений при разрушении пород взрывом.* Москва, Геотехиздат, 1962.
15. Amadei A. *Strength of a regularly jointed rock mass under biaxial and axisymmetric loading conditions.* Int. J. Rock Mech. Min. Sci. and Geomech. Abstr. Vol. 25, No 1. 1998.
16. Joseph. A. Sharpe (1942) *Production of Elastic Waves by Explosion Pressures.*
I. Theory and Empirical Field Observations
17. Kutter and Fairhurst (1971) *On the Fracture Process in Blasting*
18. Maynard B.C. *A blast design model using the inherent fragmentation of a rock mass.* CIM Bulletin, Vol. 83, August 1990.
19. Persson, P., R. Holmberg, J.Lee. *"Rock blasting and explosives engineering",* CKC Inc., USA, 1994.
20. Starfield and Pugliese (1968) *Compression Waves Generated in Rock by Cylindrical Explosive Charges*
21. Zou and Harries (1990) *Theory and Technology of Rock Excavation for Civil Engineering*