

МИННО-ГЕЛОЖКИ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. ИВАН РИЛСКИ” – СОФИЯ

МИННО-ТЕХНОЛОГИЧЕН ФАКУЛТЕТ

КАТЕДРА: ОТКРИТА РАЗРАБОТКА НА ПОЛЕЗНИ ИЗКОПАЕМИ И ВЗРИВНИ РАБОТИ

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

на дисертационен труд за присъждане на образователна и
научна степен “ДОКТОР”

ТЕХНОЛОГИЯ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ВЗРИВНО- СЕИЗМИЧНИЯ ЕФЕКТ ПРИ ИЗВЪРШВАНЕ НА ВЗРИВНИ РАБОТИ В ОТКРИТИ МИННИ ИЗРАБОТКИ

ИНЖ. ЕВГЕНИ ГЕОРГИЕВ КЕРАДЖИЙСКИ

КОНСУЛТАНТ: проф. д-р Паулин Златанов

2011 г.

Въз основа на изучеността на съвременното научно и приложно състояние на проблема с настоящата работа се **цели** разработване на метод за оразмеряване (определяне) параметрите на пробивно-взривни работи (ПВР), извършвани на открито. Същият успешно да може да се прилага при технологични взривявания в кариери за добив на скален материал, в градски условия при извършване на ПВР за строителни дейности.

Основната научно-техническа идея е въз основа на комплексни изследвания върху взаимовръзката между параметрите на технологичните взривявания за реализиране на максимален взривен ефект и страничното въздействие върху околната страна да се направи опит за управление на параметрите на взривно-сеизмичното въздействие и въздействието на ударно въздушната вълна до безопасно ниво.

Предопределящото изискване към технологията е реализиране на максимален взривен ефект при практически гарантирано охраняване на околната среда от страничното, а в някои случаи вредно въздействие на взрива, изразяващо се в:

- осигуряване на максимален взривен ефект – пълно отбиване на скалния масив с едрина на разрушения материал, предопределена от механизацията за товарене и транспорт
- строго лимитиране на понятието “странично” въздействие на взрива, параметрите на което да бъдат управлявани до ниво напълно безопасно за околната среда
- недопускане на пластични деформации в скалния масив извън контура на взривното поле
- запазване целостта на изградените структури- сгради и съоръжения
- недопускане ниво на въздействие върху човешкия индивид, влияещо негативно върху неговата психика.

Предмет на изследванията са факторите които влияят върху ефекта на взрива и определят нивото на взривно-въздействие в зоната „взривно поле-охраняван обект”, дефинирано от общоприетата в световната взривна практика **Зависимост**

„Приведено разстояние ($\bar{r} = \frac{R}{\sqrt{Q}} \text{ m/kg}^{0.5}$) – Скорост на вибрации (PPV, m/s)” а

именно: Физикомеханични, акустични и вълнопроводни свойства на реален скален масив в зоната „взривно поле-охраняван обект”

Ограничения върху изследванията внасят:

- Технологичните параметри за разработване на кариерата/изпълнение на изкопа
- Изискванията към зърнометричния състав на отбития и раздробен материал
- Енергетични показатели на използваните взривни вещества и параметрите на средствата за взривяване
- Възможностите на пробивната техника по отношение на диаметъра на сондажа

IV. МЕТОД ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ВЗРИВНИЯ ЕФЕКТ ПРИ ИЗВЪРШВАНЕ НА ВЗРИВНИ РАБОТИ НА ОТКРИТО

Методът за управление параметрите на технологични взривявания, извършвани на открито гарантира максимален взривен ефект, изразяващ се в:

- пълно отбиване на скалния масив с определен зърнометричен състав на разрушения материал
- гарантирано охраняване на околната среда от страничното (вредно) въздействие на взрива.

Теоретико-експерименталният Метод позволява определяне на оптималните параметри на технологичните взривявания в зависимост от *масата на заряда взривно вещество (ВВ) на интервал*, определена за ниво на взривно-сеизмичното въздействие под критичното ниво в следната последователност

IV.1. Маса на заряда взривно вещество на интервал

Масата на заряда ВВ на интервал е $Q_{\text{инт}} = f(\text{взривно-сеизмични параметри})$

$$Q_{\text{инт}} = \left(\frac{R}{\sqrt[n]{\frac{PPV}{K}}} \right)^2 \text{ kg/инт}$$

Където: $Q_{\text{инт}}$ – допустима маса на заряда ВВ на интервал ($t \geq 3 \div 8 \text{ ms}$), kg

R – разстояние между взривното поле и най-уязвимия охраняван обект, m

PPV – Ръководна скорост на вибрации, mm/s

K – коефициент, отчитащ условията на взривяване

n – степенен показател, отчитащ затихването на вибрациите във функция от разстоянието R

IV.2. Диаметър на взривния сондаж

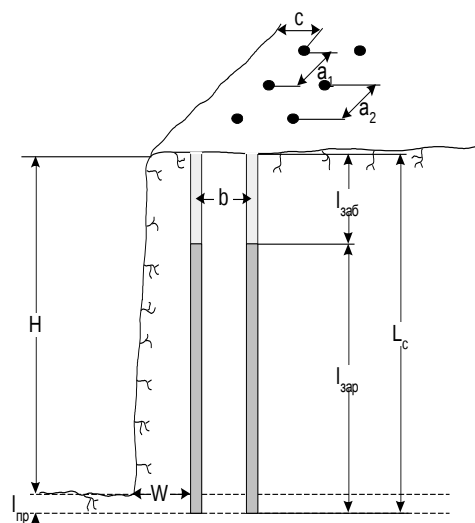
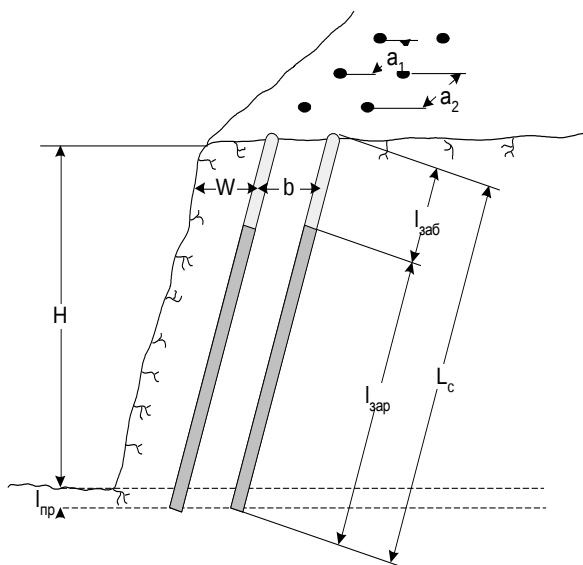
Диаметърът на сондажа се определя от условието за изграждане на удължен заряд с оптимални параметри при *определената маса на заряда на интервал*

$$d = \sqrt{\frac{Q_{\text{инт}}}{0,785 l_{\text{зар}}}}, \text{ m}$$

IV.3. Параметри на пробивно-взривни работи.

IV.3.1. Оптималните геометрични параметри на пробивно-взривните работи се определят от диаметъра на сондажния заряд $/d$, mm/ при спазване ограничителните изисквания за геометрията на удължен заряд ($l_{\text{зар}} \geq 6 d_{\text{зар}}$).

- | | |
|---|-----------------------------------|
| - линия на съпротивление за зарядите от първия ред – $W_0 = f(d)$, m | |
| - височина на стъпалото | - $H \geq 2-2,5 W$, m |
| - дължина заряда | - $l_{\text{зар}} \geq 1,3 W$, m |
| - дължина на забивката | - $l_{\text{заб}} \geq W$, m |
| - дължина на преудълбаване на сондажите | - $l_{\text{пр}} = 0,3 W$, m |



IV.3.2. Технологичните параметри на взривяване за конкретните минно-технически условия се определят от поставените изисквания към взривния ефект.

Относителният разход на взривно вещество е основния количествен показател, характеризиращ взривния ефект – изразява се с масата на заряда взривно вещество (Q , kg) за отбиване и раздробяване на единица обем скален масив (V , m^3) и е

$$q = \frac{Q}{V}, \text{ kg/m}^3$$

Относителният разход на ВВ е в зависимост от:

- физико-механичните, акустични и вълнопроводни свойства и структура на реалния скален масив,
- желатия зърнометричен състав на отбитата скална маса

Обемът, отбит скален масив геометрически се определя от параметрите на взривяване:

$$V = W \cdot a \cdot H = m \cdot W^2 \cdot H, \text{ m}^3$$

Където: W е технологична линия на съпротивление, m

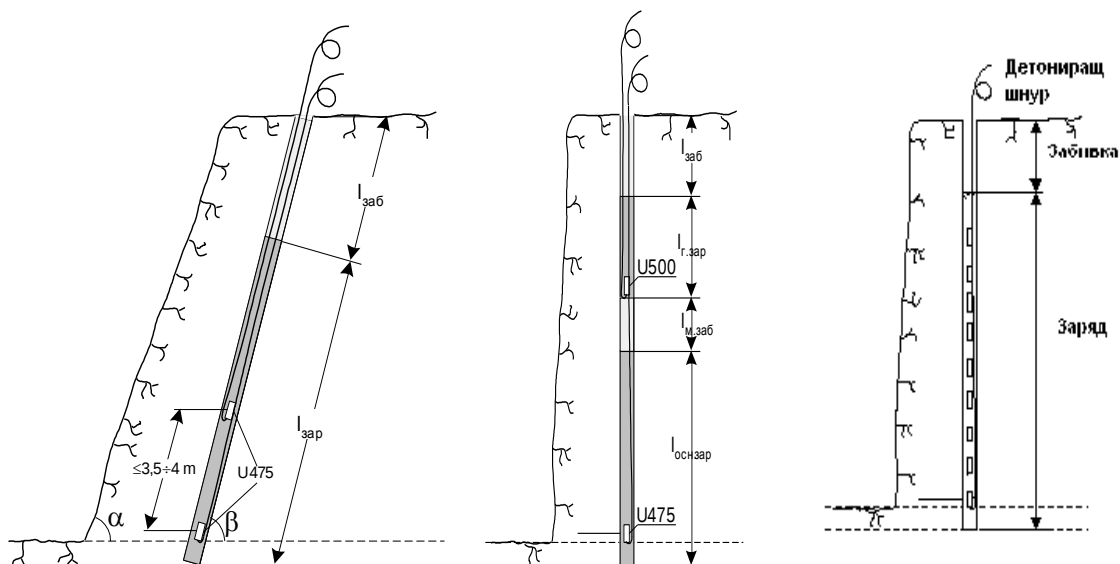
a – разстояние между заряда в реда, m .

H – височина на технологичното стъпало, m

$m = \frac{a}{W}$ - коефициент на сближение между сондажните заради

IV.3.3. Енергетични параметри на взривяване

Енергетичните параметри на взривяване при определената маса на заряда на интервал и диаметър на сондажа определят конструкцията на сондажния заряд. При фактическа височина на стъпалото $H \geq 1,5.W$ зарядът е удължен непрекъснат.



При височина на стъпалото $H_{\text{фак}} > H_{\text{тех}}$, Моделът изисква изграждане на удължен разсredоточен заряд с параметри:

- на основния заряд в съответствие с горните изрази
- дължина на междинна забивка $l_{\text{меж.заб.}} \leq W, \text{ m}$
- дължина на разсredоточения заряд $l_{\text{разср.зар}} = L - (l_{\text{осн.зар.}} + l_{\text{меж.заб.}} + l_{\text{заб}}), \text{ m}$
- маса заряд ВВ в горен заряд $Q_{\text{разс.зар.}} = \rho l_{\text{лазс.зар.}}, \text{ kg}$
- брой на разсredоточените заряд $n_{\text{разср.зар.}} = \frac{Q_{\text{инт}}}{Q_{\text{разс.зар}}}, \text{ бр}$

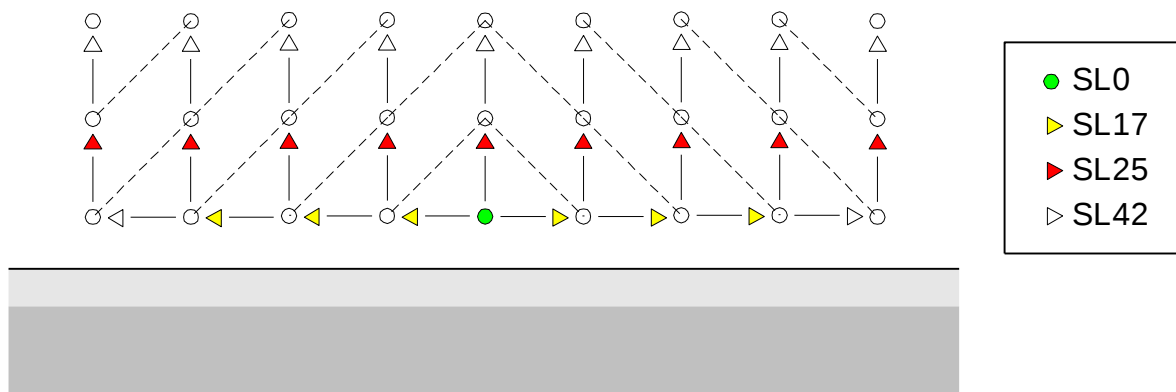
IV.3.4. Последователност на инициране на зарядите във времето и пространството.

Основното изискване на метода е всеки сондажен заряд да се иницира самостоятелно при спазване на условието: $t \geq (3 \div 8), \text{ ms}$

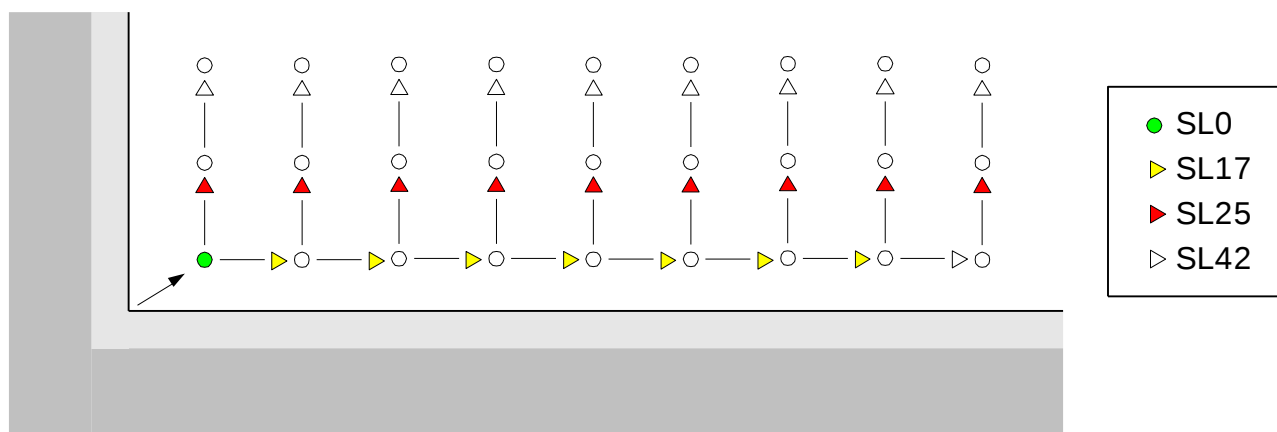
- интервалът между редовете сондажи да е равен или по-голям от този между сондажите в реда.

- интервалът на закъснение между разсredоточените заряди да се осъществява в последователност : основния заряд - с предхождащ интервал; горен заряд със следващия интервал . При това интервалът на закъснение е $t \geq 25 \text{ ms}$.

Схемата на свързване на сондажните заряди в пространството по възможност трябва да осигурява развитие на взривния процес в посока от охранявания обект.



Подкопна схема на взривяване с един отварящ сондажен заряд



Диагонална схема на взривяване

V. МЕТОДИКА НА ИЗСЛЕДВАНИЯТА

Методиката на изследвания е подчинена на основната цел на дисертационния труд, а именно управление параметрите на пробивно-взривните работи при извършване на технологични взривявания на открито за постигане на максимален взривен ефект:

- пълно отбиване на скалния масив в границите на взривното поле/проектния контур с желания зърнометричен състав на разрушения материал
- гарантирано охраняване на околната среда от страничното нежелателно, а в някои случаи вредно въздействие на взрива до ниво практически напълно безопасно.

Предмет на изследванията е детайлно изучаване на взаимовръзката в комплекса „минно-технически условия – реализиран взривен ефект – проявено странично въздействие на взрива“.

Приоритетно, изследванията са насочени за изясняване взаимовръзката между параметри на взривяване и ниво на взривно-сеизмично въздействие на взрива. Безопасното ниво на взривно-сеизмично въздействие върху околната среда е формулирано като:

- недопускане ниво на относителна деформация в скалния масив в зоната „взривно поле - контура на взривното поле“, респективно в зоната на „фундамента на охраняваната сграда“, предизвикваща възникването на пластични деформации
- изключване развитие на съществуващите нарушения и появяване на нови в конструкцията на изградените структури;
- недопускане въздействие върху живущите и работещи хора в охраняваните обекти, причиняващи психическо натоварване (въздействие);
- свеждане практически до напълно безопасен риска за увреждане на намиращо се в охраняваните обекти високочувствително оборудване – компютри, релейни станции, електронни микроскопи и др. подобни.

Съгласно постановките в световната взривна практика, приети и в настоящия труд, детайлни изследвания се извършват за определяне на интегралния показател, характеризиращ взривния ефект „оптималния относителен разход на взривно вещество“ за отбиване на единица обем скален масив в границите на проектния контур и раздробяване на отбития материал с желаня зърнометричен състав.

Основният показател характеризиращ взривяемостта на скалния масив е структурата. Тя се определя на челото на откритото стъпало с отчитане напукаността в хоризонтална и вертикална посока.

Ограничително условие в технологичните изследвания внасят изискванията, регламентирани от механизацията на обекта

- параметрите на механизацията за товарене, транспорт и последващо обработване на скалния материал
- технологичните възможности на сондажните машини
- изискванията за минимално нарушаване на скалния масив извън контура на взривното поле т.е. в зоната на отбиване и раздробяване. Изискването се определя от извършването на пробивни работи за следващото взривяване в ненарушен от взривяването скален масив, охраняване на скалния масив в откоса на неработните стъпала и бордове на кариерата и минимално „надработване“ т.е. за минимални разходи при изпълнение на „нулевия цикъл“ при строителни изкопи.
- енергетичните свойства на използваните взривните вещества и параметрите на средства за взривяване

Изхождайки от основното ограничение към технологичното взривяване – *ниво на параметрите на взривно-сеизмично въздействие*, приетият в труда

лимитиращ параметър е **масата на заряда взривно вещество, взривен с един интервал на закъснение**.

Масата на заряда, при която се осигурява гарантирано охраняване на обектите се определя от „Зависимостта $PPV = f\left(\frac{R}{\sqrt{Q}}\right)$ ” при генериране и разпространение на взривно-сеизмичното въздействие.

Методологичният подход включва:

- детайлни изследвания със специализирана апаратура за определяне свойствата на реален скален масив и

- експертен инженерингов анализ на факторите определящи *Ръководната скорост на вибрации* в зоната на охраняваните структури

Основните показатели на скалния масив, влияещи върху параметрите на взривно-сеизмичното въздействие са акустичните и вълнопроводни свойства на реален скален масив.

Акустичните свойства се дефинират с интегралния показател **скорост на разпространение на еластичната вълна** в реален скален масив.

Зависимостта „ $PPV = f\left(\frac{R}{\sqrt{Q}}\right)$ ” **в зоната на генериране** (скален масив в контура

на взривното поле) и **разпространение** на взривно-сеизмичното въздействие (в скалния масив от взривното поле до охранявания обект) характеризира **вълнопроводните свойства** на скалния масив.

Методологическата постановка е:

- взривен импулс от заряд на камуфлетно действие

- изграждане на профил в близката зона на действие на взрива – на разстояние от $R < 10$ m до най-уязвимия охраняван обект.

С това се обхваща зоната на генериране и разпространение на взривно-сеизмичния импулс при постоянство в условията на отдаване на енергията на взрива и регистрация на взривно-сеизмичните вълни.

Експертният инженерингов анализ и оценка на риска включва определяне на факторите, влияещи върху Ръководната скорост на вибрации: *“Разстояние”, “Конструкция”, “Строителен материал”, “Периодичност на въздействие”*

Използуваната апаратура (UVS 1608 - Nitro Consult; “Minimate Plus” – Instantel®) е най-съвременната в световната взривна практика за мониторинг (изследване) и контрол на цялостния спектър на взривно-сеизмичното въздействие и параметрите на ударно-въздушната вълна

VI. ИЗСЛЕДВАНЕ ПРИЛОЖИМОСТТА НА МЕТОДА

Приложимостта на Метода е реализирана при извършване на технологични взривявания на обекти, обслужвани от ХИДРЕКС ООД:

- в кариерите за добив на строителен материал, в последователност по време: находище „Гечевско“ с.Бежаново, к-ра „Целовижда“ с. Опицвет, К-ра „Гара Орешец“ – с. Гара Орешец

- за изпълнение на изкоп “Мултифункционален комплекс Марково тепе” в градски условия

В съответствие с постановките в световната взривна практика, в реални минно-технически условия са извършени детайлни изследвания за оптимизиране параметрите на пробивно-взривни работи, осигуряващи максимален взривен ефект.

В съответствие с приетия методичен подход, детайлните изследвания в реални условия приоритетно са подчинени на изискванията за управление параметрите на взривно-сеизмичното въздействие върху околната среда, чрез определяне масата на заряда взривно вещество, взривена на интервал.

Анализа на МИННО ТЕХНИЧЕСКИ УСЛОВИЯ (таблица VI.1) показва че изследванията обхващат:

- зоната на проявление на страничното въздействие на взрива – „контур взривно поле-скален масив в зоната на охраняваните обекти“. По този начин се покриват дефинираните в световната взривна практика *зони на действие на взрива*:

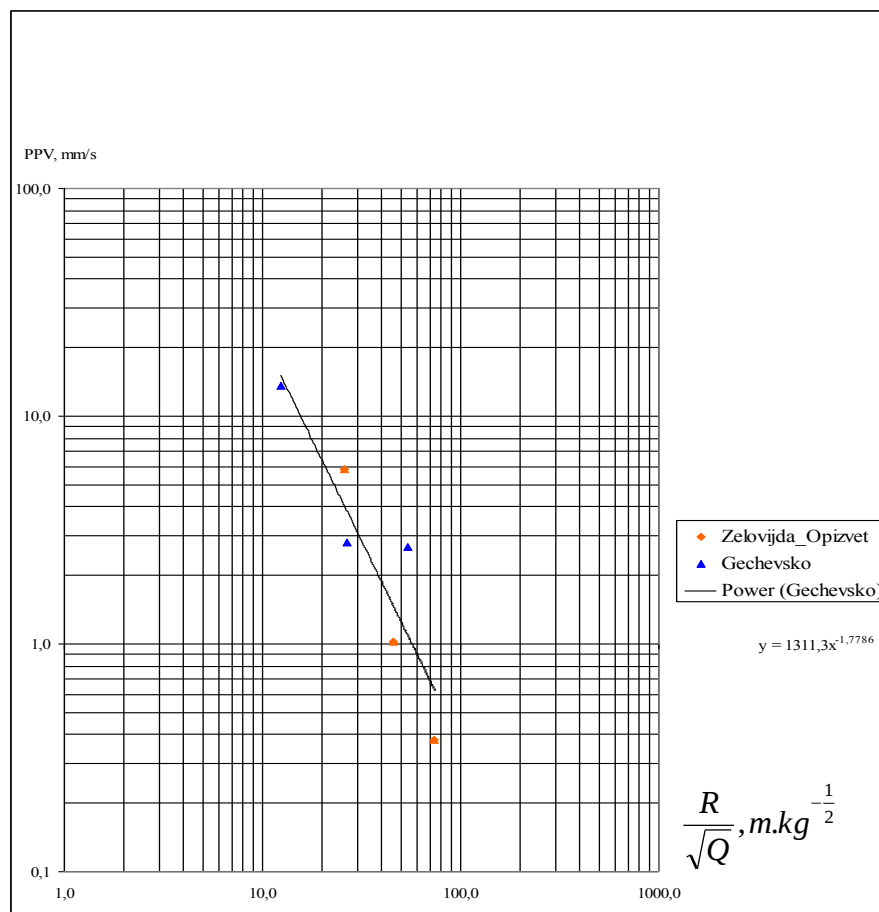
“далечна зона” - $R \geq 500$ m и “близка зона” – $R < 150$ m.

- широк диапазон на реален скален масив, разрушаван чрез пробивно-взривни работи - представителен варовик и компактен сиенит, характеризиращи се с различни физико-механични, акустични и вълнопроводни свойства

- различни изисквания към взривния ефект

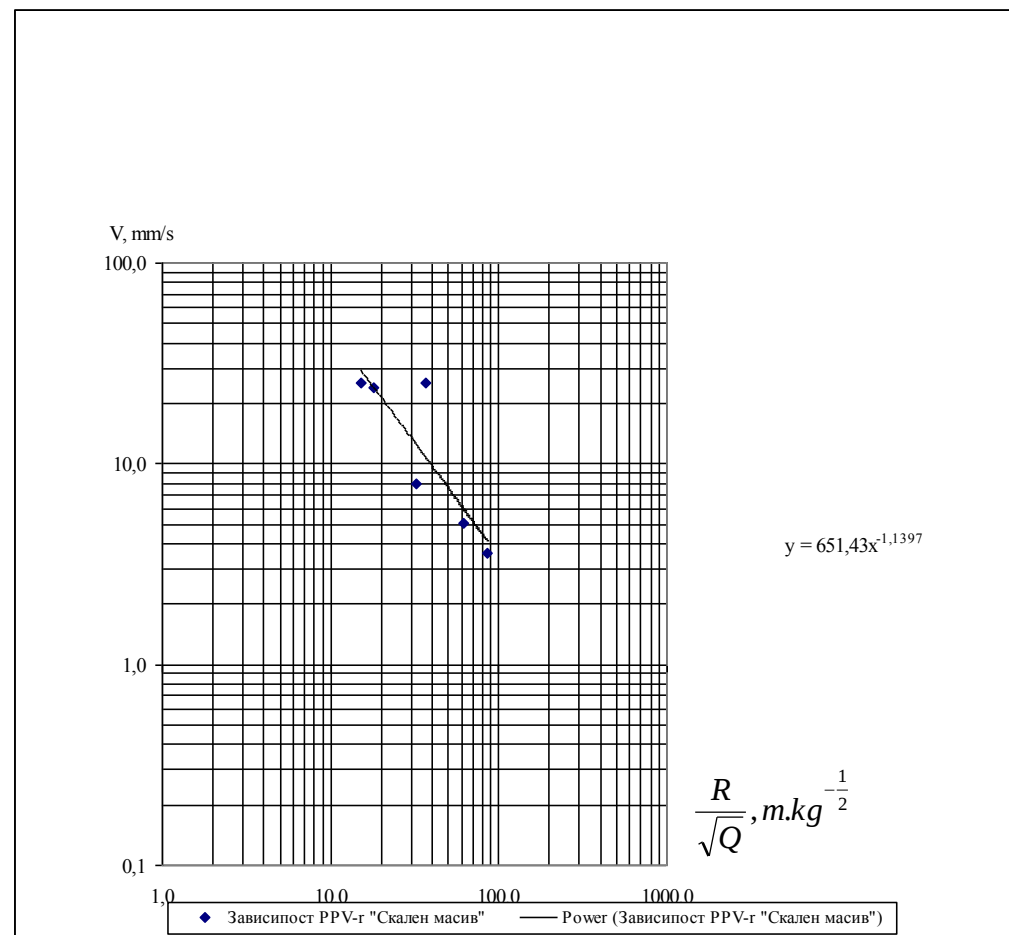
- съществено отличаващи се охранявани обекти и изисквания за тяхното охраняване.

Параметри на пробивно-взривни работи	О Б Е К Т И	
	К-ра „Гара Орешец“	Изкоп МОЛ „Марково тепе“
Скален масив	Нормален варовик	Сиенит
Структура	Интензивно напукан; наличие на каверни	Средно- до едроблокова; наличие на променена зона
Категория по взриваемост	Нормално взриваем	Трудно взриваем
Скорост на разпространение на еластичната вълна-С _p , m/s	1200 - 2250	2500 - 3750
Вълнопроводни свойства – Коефициент К/Степенен показател n	K = 1311,0 / n = 1,7786	K = 651,43 / n = 1,1397
Инженерингов анализ за Ръководна скорост на Вибрации PPV, mm/s		
Охранявани обекти	Къщи „селски тип“	Ново строителство
Разстояние между взривните полета и охраняваните обекти	„Далечна зона“	„Близка зона“
Зависимост „Приведено разстояние ($\bar{r} = \frac{R}{\sqrt{Q}}$, m/kg ^{0,5}) – Скорост на вибрации (PPV, mm/s)“ в зоната на генериране на взривно-сеизмично въздействие	$PPV = 1311,0 \cdot \left(\frac{R}{\sqrt{Q}} \right)^{-1,786}$	$PPV = 651,43 \cdot \left(\frac{R}{\sqrt{Q}} \right)^{-1,1397}$
Максимална маса заряд взривно вещество на интервал – Q, kg/инт	$Q = 0,0221 \cdot R^{1,262}$	Максимален взривен ефект
Диаметър на сондажа/заряда – d, mm	76; 89	51, 64/d _{зар} ≤ 0,5d _{сон.}
Височина на стъпалото – H, m	6,0 ÷ 12,0	5,0 ÷ 7,5
Взривно вещество	Насипно – Emulsia/ANFO	Пакетирано – ø = f(d _{сон.})
Конструкция на заряда	Непрекъснат заряд	Разсредоточен заряд
Технологични параметри на взривяване		
- Линия на съпротивление – W, m/Разстояние м/у редовете – b, m	4,0 / 3,5	1,25
- Разстояние между сондажите - a, m	3,5 ÷ 4,0	1,5
- Дължина на забивката - l _{заб} , m	2,5 ÷ 3,12	≥ 2,25
- Дължина на промеждутъка - l _{пром} , m	-	> 1,5

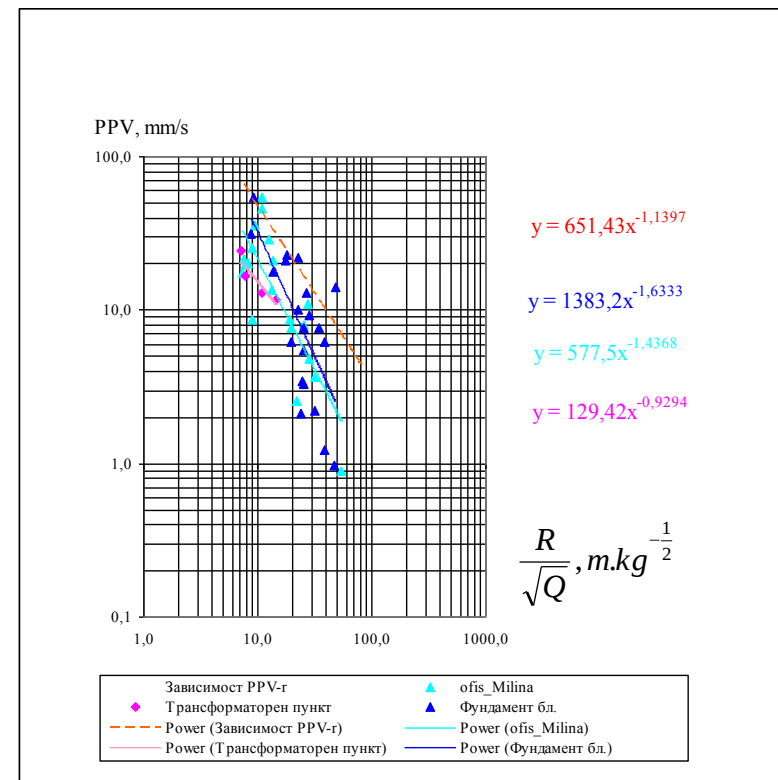
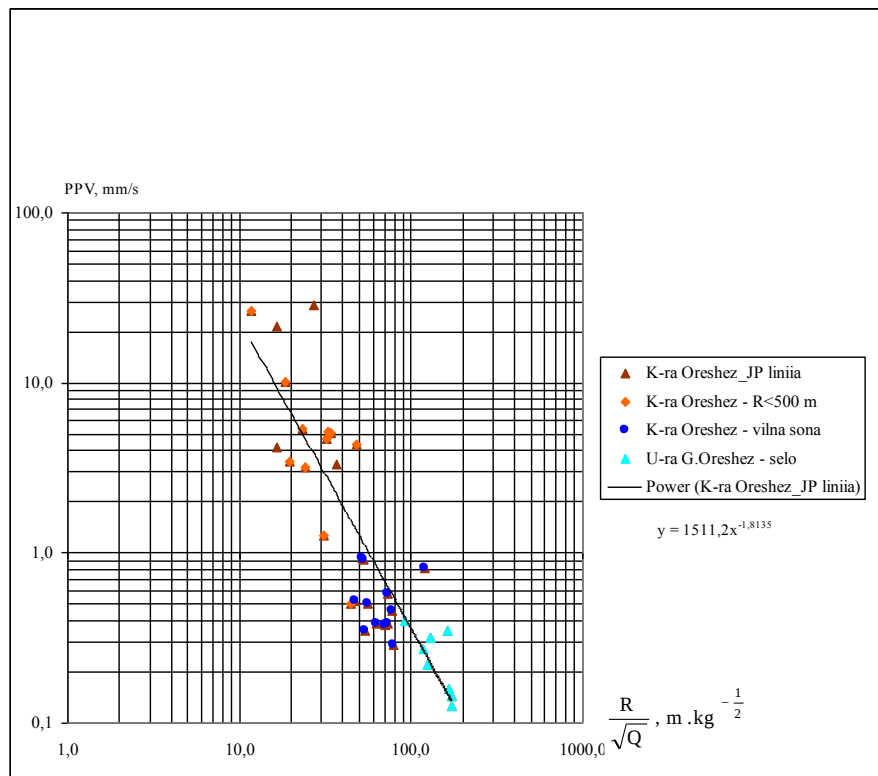


Зависимост „PPV = $f\left(\frac{R}{\sqrt{Q}}\right)$ ” в зоната на генериране на взривно-сеизмичното въздействие

Фигура VI.1.1. Кариера „Гара Орещец”



Фигура VI.2.1.1 Изкоп МОЛ „Марково тепе”

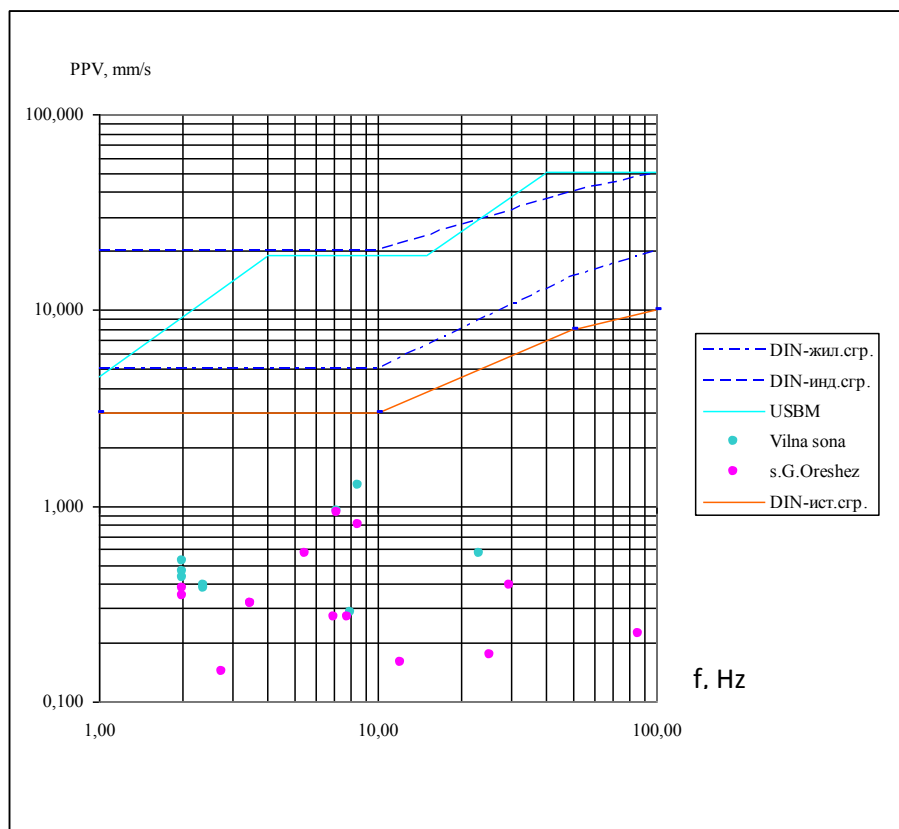


Зависимост „PPV = $f\left(\frac{R}{\sqrt{Q}}\right)$ ” в зоната на охраняваните съоръжения

Технологичните взривявания

Фигура VI.1.1. Карьера „Гара Орещец”

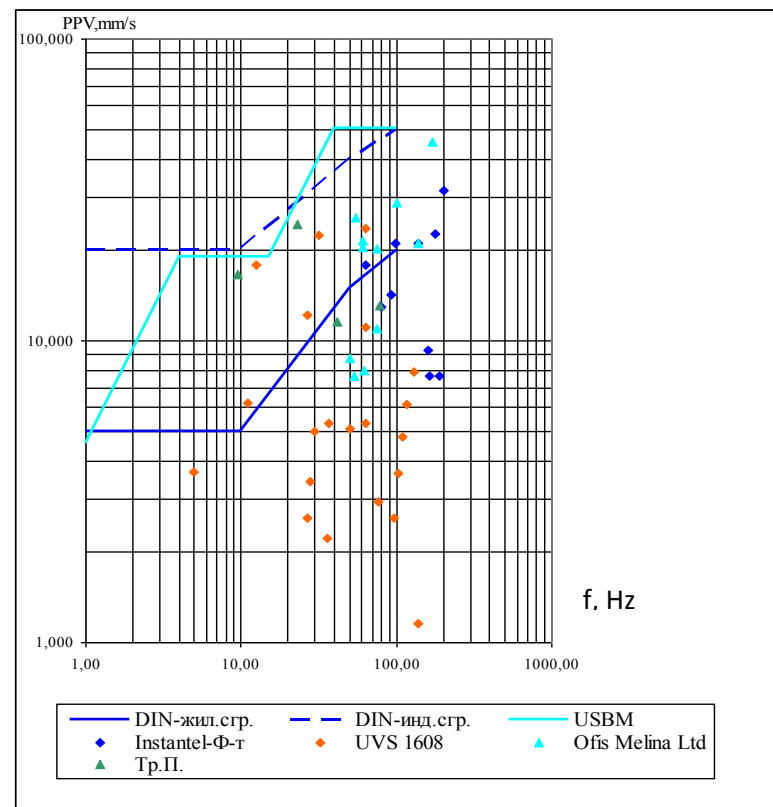
Фигура VI.2.1. Изкоп МОЛ „Марково тепе”



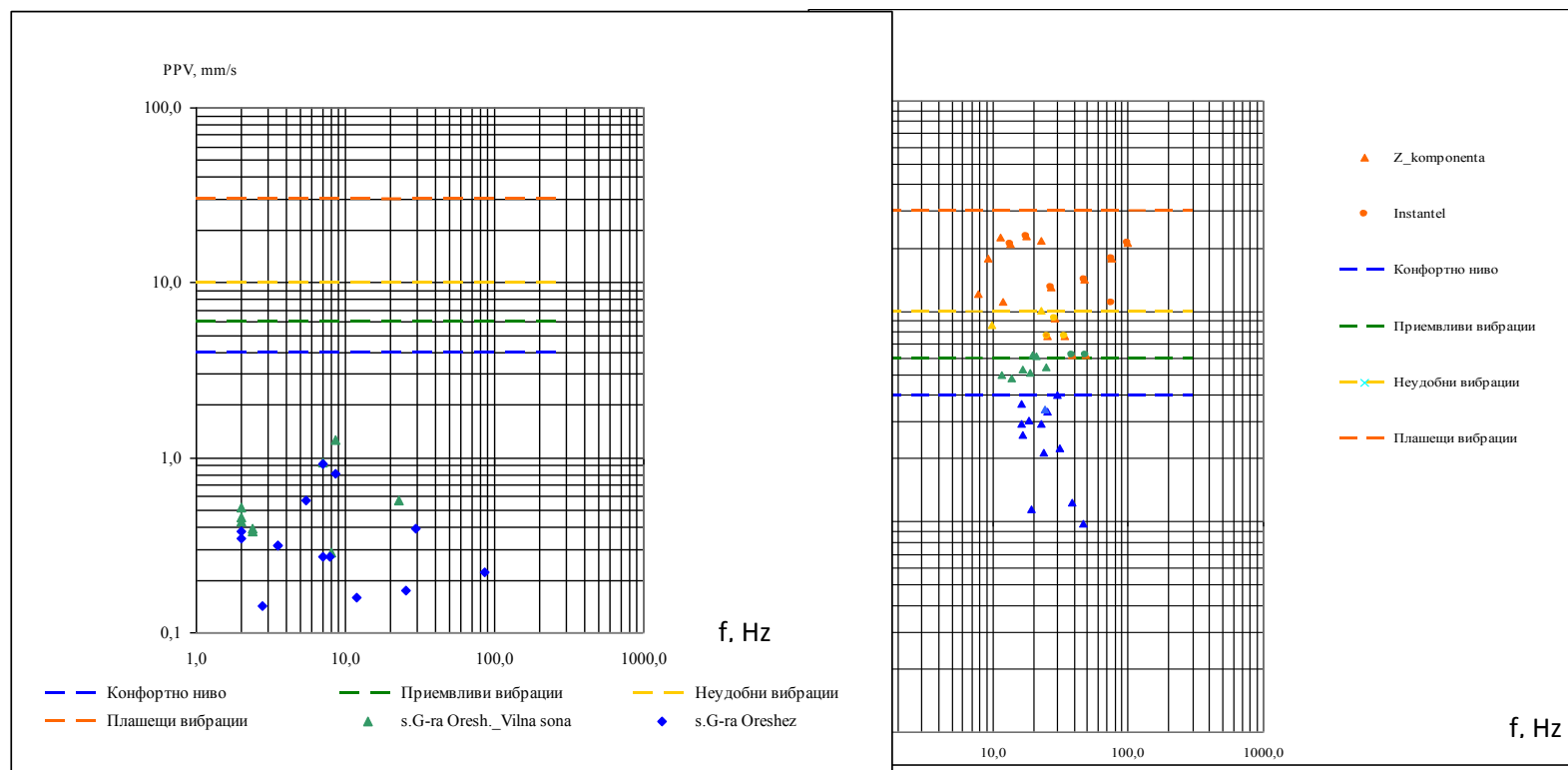
Взрывно-сейсмично въздействие върху сградите

Технологични взривявания

Фигура VI.1.3.4. Карьера „Гара Орешец“



Фигура VI.2.3.4. Изкоп МОЛ „Марково тепе“

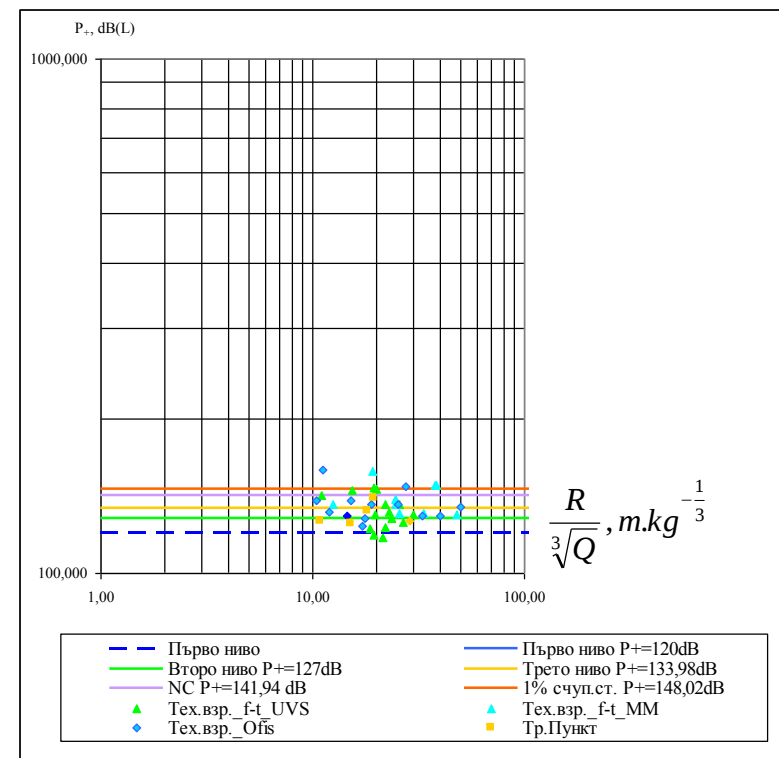
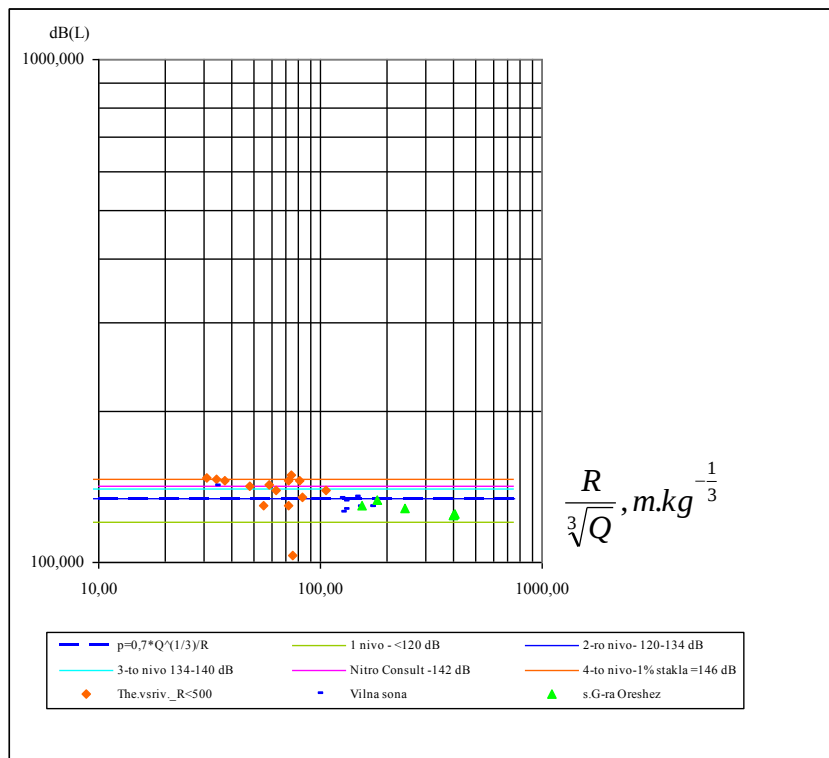


Взривно-сейзмично въздействие върху човека

Технологични взривявания

Фигура VI.1.4. Карьера „Гара Орешак“

Фигура VI.2.4. Изкоп МОЛ „Марково тепе“



Въздействие на Ударно-въздушната вълна

Технологични взривявания

Фигура VI.1.5. Кариера „Гара Орещец“

Фигура VI.2.5. Изкоп МОЛ „Марково тепе“

Анализа на резултатите от технологичните взривявания показва:

- теоретико-приложната значимост на *Метода и Технологията* за управление параметрите на технологичните взривявания с цел реализиране на максимален взривен ефект
- изведените зависимости за страничното въздействие на взрива с необходимата достоверност съответстват на съвремените изисквания към критериите, приети в световната взривна практика
- нивата на регистрираните параметри на *взривно-сеизмичното въздействие (фиг.фиг.VI.1.3.1.;VI.2.3.1)* и *въздействието на ударно-въздушната вълна (фиг.фиг.VI.1.5.;VI.2.5)* в зоната „взривно поле – охранявани структури“ удовлетворяват изискванията за пълно охраняване на скалния масив и изградените структури, както и психическото въздействие върху хората намиращи се в тази зона.

Най-съществените научно-приложни приноси на докторския труд се заключават в следното:

Научни приноси

1. Въз основа на съвременни теоретични разработки за разрушаване на твърди среди под действието на взрив и теорията за генериране и разпространение на взривно-сеизмичното въздействие и въздействието на ударно-въздушна вълна в околната среда е разработен Метод за извършване на технологични взривни работи на открито за
 - реализиране на максимален взривен ефект
 - с възможности за управление параметрите на странично въздействие до ниво пълно запазване целостта на изградените структури
2. Методът с достатъчна точност отразява реалните взаимовръзки между основните фактори, влияещи върху и предопределящи параметрите на взривния ефект
3. Извършено е теоретично развитие за генериране и разпространение на страничното въздействие на взрива, въз основа на което е определена взаимовръзката между взривния ефект и безопасното взривно-сеизмично въздействие и въздействието на ударно-въздушната вълна в дефинираната в световната взривна практика „близка зона“ и „далечна зона“.
4. По теоретико-експериментален път е установена взаимовръзката между параметрите на пробивно-взривните работи и параметрите на взривно-сеизмично въздействие и въздействието на ударно-въздушната вълна.
5. Въз основа на извършените изследвания е разработена оригинална технология на пробивно-взривни работи, характеризираща се с *безопасната маса на заряда взривно вещество, взривена с един интервал*

Приложни приноси:

1. Изследвана е и е установена областта на приложение на метода и технологията при технологични взривявания на открито.

2. Установена е Зависимостта „Приведено разстояние ($\bar{r} = \frac{R}{\sqrt{Q}} m/kg^{0.5}$) –

Скорост на вибрации (PPV, mm/s)” за „далечна зона” и „близка зона”

3. Детайлно са изследвани показателите на скалния масив, залежали във формулния апарат на метода за управление нивото на параметрите на страничното въздействие на взрива до безопасно.

4. Методът и технологията са внедрени в производството при извършване на технологични пробивно-взривни работи

4.1. в кариерите за добив на скален материал (находище „Гечевско”, кариера „Целовижда”, кариера „Гара Орешец”)

4.2. при изкоп за изграждане на МОЛ „Марково тепе” гр.Пловдив

4.3. при контрол на взривно-сеизмично въздействие в съответствие на Приложение №7 към чл.141 ПБТВР – 1977 г.

Ефектът от реализиране на Технологията се изразява в:

1. Практически пълно запазване целостта на охраняваните структури и безопасно въздействие върху човешкия организъм при извършване на технологични пробивно-взривни работи.

2. Възможности за внедряване на високо производителна техника за пробиване, изземване, транспорт и последващо обработване на добития скален материал и при изпълнение на изкопи в градски условия.

ИЗВОД

Изведената Зависимост на генериране (формиране) и разпространение на взривно-сеизмичното въздействие дава основание за прогнозиране на Ръководната скорост на вибрации и представлява основа за взривно-сеизмичното оразмеряване на технологичните взривявания с гарантирано охраняване на обектите и безопасно въздействие върху човешкия организъм

- При определено разстояние между взривното поле и охранявания обект - изчисляване на безопасната маса на заряда, взривен с един интервал на закъснение

- При определена технологична маса на заряда взривно вещество – изчисляване на разстоянието, на което взривно-сеизмичното въздействие е напълно безопасно.