

Допринос одређивању безбедног растојања при извођењу минирања; Contribution to the determination of harmless distances when performing blasting

Slobodan Trajković, Sanja Bajić, Ivan Krsmanović



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Допринос одређивању безбедног растојања при извођењу минирања; Contribution to the determination of harmless distances when performing blasting | Slobodan Trajković, Sanja Bajić, Ivan Krsmanović | ДИТ : Друштво истраживање технологије | 2023 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0008120>

Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду омогућава приступ издањима Факултета и радовима запослених доступним у слободном приступу. - Претрага репозиторијума доступна је на www.dr.rgf.bg.ac.rs

The Digital repository of The University of Belgrade Faculty of Mining and Geology archives faculty publications available in open access, as well as the employees' publications. - The Repository is available at: www.dr.rgf.bg.ac.rs

ДИТ

Друштво

Истраживање

Технологије

НАУЧНО
СТРУЧНИ
ЧАСОПИС

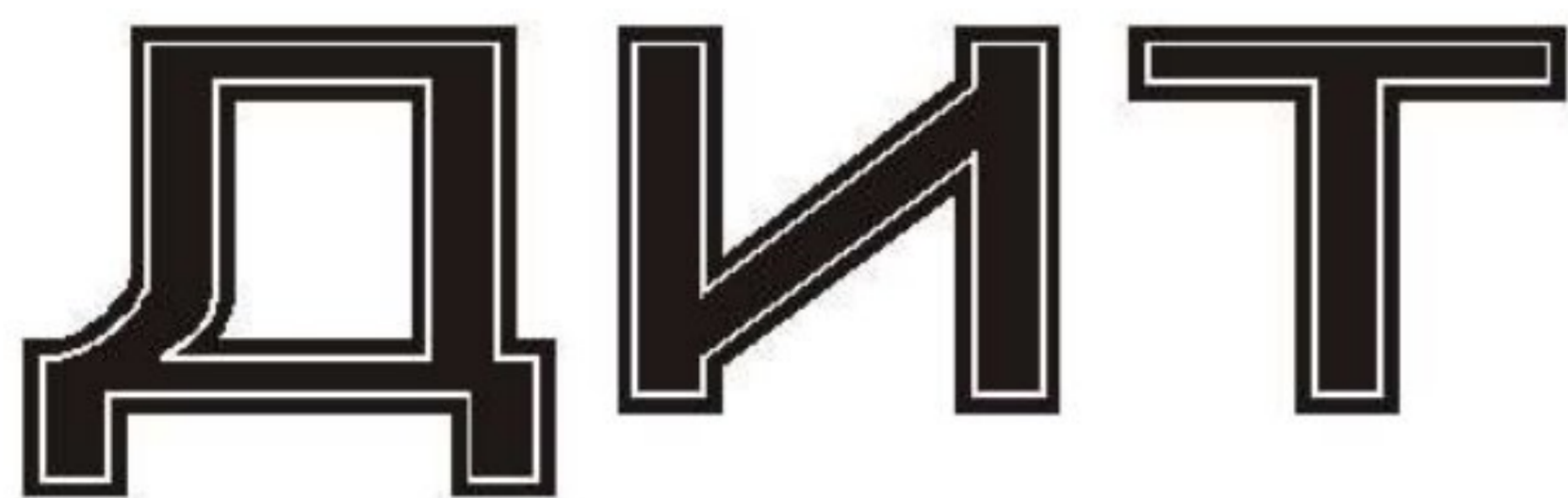
ГОДИНА XXIX*** БРОЈ 40
Септембар 2023

SCIENTIFIC
PROFESIONAL
JOURNAL

YEAR XXIX *** ISSUE 40
September 2023

МАШИНСТВО
ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И
РАЧУНАРСТВО
ЕНЕРГЕТИКА
ТЕХНОЛОГИЈЕ
МЕНАџМЕНТ И ЕКОНОМИЈА
ВЕЛИКАНИ НАУКЕ





Друштво Истраживање Технологије

Научно-стручни часопис
Scientific-profesional journal

Година XXIX, Број 40, септембар 2023. год.
Year XXIX, Issue 40, September 2023. year

Оснивач: Друштво инжењера и техничара Зрењанин

Издавачи: Друштво инжењера, Зрењанин
Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину

Главни уредник: Проф. др Милорад Ранчић, Друштво инжењера Зрењанин
Технички уредник: Проф. др Жељко Еремић, ВТШСС Зрењанин

Одговорни уредници:

Машинство: Проф. др Љиљана Радовановић, ТФ“Михајло Пупин“ Зрењанин
Енергетика: Проф. др Јасмина Пекез, ТФ“Михајло Пупин“ Зрењанин
Електротехника и рачунарство: Проф. др Лазо Манојловић, ВТШСС Зрењанин
Технологије: Проф. др Данијела Јашин, ВТШСС Зрењанин
Менаџмент и економија: Проф. др Дејан Молнар, Економски факултет, Београд

Издавачки савет:

Председник Издавачког савета: Милан Зечар, дипл.инж. Друштво инжењера Зрењанин

Чланови Издавачког савета:

Горан Маринковић, дипл. инж. Културни центар Зрењанин
Проф. др Милан Николић, ТФ“Михајло Пупин“, Зрењанин
Проф. др Обрад Спаић, Факултет за производњу и менаџмент, Требиње
Проф. др Миодраг Ковачевић, ВТШСС Зрењанин
Др Здравко Ждрале, Завод за јавно здравље Зрењанин
Душко Радишић, мсц, Град Зењанин
Славиша Влачић, дипл, инж, Телеком Србија, Зрењанин
Милан Димитријевић, дипл.инж. ДЕК Институт, Зрењанин
Борислав Умићевић, дипл. маш. инж, УМИНГ, Зрењанин

Адреса издавача: Друштво инжењера Зрењанин

Македонска 11, 23000 Зрењанин

E-mail: milorad.rancic@diz.org.rs

www.diz.org.rs

Штампа: Висока техничка школа струковних студија у Зрењанину

Тираж: 300

Часопис је први пут уписан у Регистар средстава јавног информисања
Министарства за информисање Републике Србије 24.11.1994.године
под редним бројем 1807.

ISSN 0354-7140

ИЗДАВАЧИ



**ДРУШТВО ИНЖЕЊЕРА
ЗРЕЊАНИН**



ВИСОКА ТЕХНИЧКА ШКОЛА У ЗРЕЊАНИНУ



ГРАД ЗРЕЊАНИН

**ФИНАНСИЈСКА ПОДРШКА
ПОКРАЈИНСКИ СЕКРЕТАРИЈАТ ЗА ВИСОКО
ОБРАЗОВАЊЕ, НАУКУ И ТЕХНОЛОШКИ РАЗВОЈ**

СIP - Каталогизација у публикацији
Библиотека Матице српске, Нови Сад

62

ДИТ : Друштво, Истраживање, Технологије :
научно-стручни часопис / главни уредник Милорад
Ранчић. - Год. 1, бр. 1 (1995)-год. 9, бр. 19/20
(2003) ; Год. 20, бр. 21/22 (2014)- . - Зрењанин :
Друштво инжењера Зрењанин, 1995-2003; 2014-
. - 30 cm

Полугодишње.
ISSN 0354-7140 = ДИТ
COBISS.SR-ID 105108999

ДОПРИНОС ОДРЕЂИВАЊУ БЕЗОПАСНОГ РАСТОЈАЊА ПРИ ИЗВОЂЕЊУ МИНИРАЊА

CONTRIBUTION TO THE DETERMINATION OF HARMLESS DISTANCES WHEN PERFORMING BLASTING

SLOBODAN TRAJKOVIĆ¹

SANJA BAJIĆ¹

IVAN KRSMANOVIĆ²

¹Рударско – геолошки факултет у Београду

²Трајал - Крушевац

РЕЗИМЕ

У раду је обрађена проблематика везана за утврђивање безопасног растојања са посебним освртом на негативне ефекте који прате минерске радове. Један од тих негативних ефеката везан је за потресе настале извођењем минирања. Из тих разлога извршена су одговарајућа мерења на ПК „Камалј” код Мионице у циљу заштите околних грађевинских објеката код утврђивања безопасног растојања и максималне количине експлозива која се може активирати а да нема оштећења на грађевинским објектима.

Кључне речи: минирање, експлозија, потреси од минирања.

ABSTRACT

This paper elaborates the problems connected with establishment of a safety distance paying a particular attention to unfavorable effects occurring during blasting. One of these unfavorable effects refers to seismic activity caused by blasting operations. Accordingly, the adequate instrumental measurements were carried out at the facility „Kamalj” – near Mionica mine with the aim to protect the surrounding building facilities when establishing the safety distance and the maximum quantity of explosive that may be initiated without damaging the surrounding building facilities.

Key words: blasting, explosion, blasting vibrations.

1. УВОД

Код извођења минирања појављају се негативни ефекти као што су: сеизмичко дејство, звучни ефекти, дејство ваздушног таласа, разбацавање комада стенске масе, појава гасова и др. Из ових разлога неопходно је њихово изучавање и свођење на границе дозвољених, тим пре што у Србији још увек не постоје

одговарајући прописи (за већину ових ефеката) који би регулисали ову област, већ се сваки случај појединачно решава и користе се инострани прописи и норме.

Еластичне деформације проузроковане дејством експлозивних пуњења представљају осцилаторни процес, односно сеизмичко дејство минирања. Настале еластичне деформације простиру се у виду

еластичних таласа радијално од места експлозије.

Интензитет сеизмичког дејства може се установити мерењем једног од основних динамичких параметара побуђене средине, и то: брзине осциловања (v), убрзања (a) или померања тла (x). Остваривање везе између ових параметара могуће је утврђивањем једног параметра путем одговарајућег мерења, што омогућава да се други параметри могу одредити рачунском путем. Један од најчешћих параметара који се користи за оцену сеизмичког интензитета је брзина осциловања побуђеног тла (V). Максимална резултујућа брзина осциловања тла (V_{max}) добија се као интензитет вектора компоненти у правцима X , Y и Z -осе, према формули [4,5]:

$$V_{max} = \sqrt{V_v^2 + V_t^2 + V_l^2} \text{ (mm/s) (1.1.)}$$

где је:

V_v – вертикална компонента брзине осциловања тла (mm/s),

V_t – попречна компонента брзине осциловања тла (mm/s),

V_l – уздужна компонента брзине осциловања тла (mm/s).

Избор параметра за оцену сеизмичког дејства минирања у зависности је од избора критеријума на основу којих ће се вршити оцена угрожености.

*Критеријум *IFZ Академије наука Русије* – Један од најчешће коришћених критеријума за оцену интензитета потреса од минирања, је Руска сеизмичка скала установљена у Институту Физики Земљи Академији Наука Русије. Руска скала (табела 1.1.) је описног типа типа, а односи се на брзину осциловања честица тла и степен сеизмичког интензитета и дата је у виду XII сеизмичких степени.

Табела 1.1. Руска сеизмичка скала

Брзина осциловања тла, v (mm/s)	Степен интензитета, I	Опис дејства
до 2,0	I	Дејство се осећа само инструментално
2,0÷4,0	II	Дејство се осећа само у неким случајевима када је потпуна тишина
4,0÷8,0	III	Дејство осећа врло мали број људи, или само они који га очекују
8,0÷15,0	IV	Ефекат осећају многи људи, чује се звекет прозорског стакла
15,0÷30,0	V	Осипање малтера, оштећења на зградама у слабом стању
30,00÷60,0	VI	Појава финих прслина у малтеру, оштећења зграда које већ имају развијене деформације
60,0÷120,0	VII	Оштећење на зградама у добром стању, пукотине у малтеру, делови малтера опадају, fine прслине у зидовима, пукотине на зиданим пећима, рушење димњака
120,0÷240,0	VIII	Знатне деформације грађевина, пукотине у носећој конструкцији и зидовима, веће пукотине у преградним зидовима, падање фабричких димњака, падање плафона.
240,0÷480,0	IX	Рушење грађевина, веће пукотине у зидовима, раслојавање зидова, обрушавање неких делова зидова
Веће од 480,0	X ÷ XII	Већа разарања, стрпоштавање читавих конструкција итд.

Оштећења на објектима, као што се види из табеле 1.1, настају ако брзина осциловања услед минирања премаши IV-ти степен сеизмичке скале. За процену сеизмичког дејства минирања на грађевинске објекте, потребно је узети у обзир стање објеката, карактеристике тла, као и број и начин извођења минирања.

*Критеријуми у *СР Немачкој* – Прописане су максималне дозвољене вредности брзине осциловања тла, у зависности од значаја и стања објеката, за фреквентни опсег од 5 до 100 Hz. Максималне дозвољене брзине осциловања тла према DIN-4150 дате су у табели 1.2.

Табела 1.2. Дозвољене брзине осциловања тла по DIN-4150

Ред	Врста објекта	Оријентационе вредности за брзину вибрација (v) у mm/s			
		Т е м е љ			Таванице највишег спрата
		Фреквенција, Hz			Све фреквенције
		< 10	10 - 50	50 - 100	
1.	Објекти који се користе за занатство, индустријски и слични структурни објекти	20,0	20,0 – 40,0	40,0 – 50,0	40,0
2.	Стамбене зграде и по конструкцији или намени слични објекти	5,0	5,0 – 15,0	15,0 – 20,0	15,0
3.	Објекти који због своје посебне осетљивости на вибрације не припадају онима из групе 1 и 2 и који су посебно важни за очување (нпр. као културно-историјски споменици)	3,0	3,0 – 8,0	8,0 – 10,0	8,0

2.0. УСЛОВИ ИЗВОЂЕЊА МИНИРАЊА И МЕРЕЊА

♣ **Локација лежишта** – Лежиште кречњака „Камал” налази се у с. Попадић, јужно од Мионице на око 7 км и административно припада општини Мионица.

♣ **Геолошке карактеристике лежишта** – Банковити тамносиви кречњаци констатовани су на нижим деловима отворених профила старих етажа и у дубљим деловима истражних бушотина. Преко њих, у вишим хоризонтима су издвојени масивни ретко банковити, доста испуцали сиви до светлосиви кречњаци. Основна боја кречњака, варира од тамносиве, у подинском делу до сиве у вишим деловима масива. У кречњацима је уочљива промена боје као последица епигенетске колоризације у светло сиве, црвене и чак челично сиве нијансе. Различите боје кречњака вероватно су изазване егзогеним приносом компоненти

гвожђа дуж пукотинско-прслинских система и равни слојевитости. Према структурним и текстурним карактеристикама у стенској маси превлађују микрокристаласте структуре и масивне текстуре. Кречњаци су хомогеног састава, оштрих ивица лома, чије су преломне површине пигментиране хидроксидима гвожђа.

♣ **Инжењерско - геолошке карактеристике лежишта** – ове стене припадају групи везаних стена, које су интезивно испуцале и карстификоване. Испитивањем је утврђено да су услови за рад, као и вишегодишња експлоатација је показала да су инжењерско-геолошке карактеристике лежишта кречњака Ламал повољне за експлоатацију и изградњу пратећих објеката.

♣ **Физичко - механичке карактеристике радне средине** – Геомеханичка испитивања кречњака са лежишта „Камал” обављена у лабораторијама, имају следеће параметре:

* Запреминска тежина	27,16 kN/m ³
* Једноосна чврстоћа на притисак	732,06 daN/cm ²
* Чврстоћа на затезање	66,64 daN/cm ²
* Кохезија	70,63 daN/cm ²
* Угао унутрашњег трења	34 ⁰ 21'
* Брзина лонгитудалних таласа	4.031,0 m/s
* Брзина трансверзалних таласа	1.964,0 m/s
* Динамички модул еластичности	27,86 DN/m ²
* Динамички Поиссон-ов коефицијент	0,324

♣ Услови извођења минерских радова – За кречњаке који се налазе на овој локацији, а према коефицијенту чврстоће према Протођаконову ($f=7,32$), стенска маса спада у средње чврсте стене. Према грађевинским нормама ГН-200 и њиховој класификацији, ове стене припадају VI-ој категорији, па се из тих, ископ стенске масе захтева примену бушачко-минерских радова.

Минске бушотине код свих изведених минирања распоређене су у више редова (3 – 5) са нагибом бушотина од 85 – 90⁰ и пречником од 89,0 мм. Растојање између бушотина у реду износило је 3,5 м, док је растојање између редова било 3,2 м, са линијом најмањег отпора од 2,8 – 3,0 м. Дужина бушотина износила је 10,0 м.

Од експлозивних средстава употребљаване су три врсте експлозива и то: Демулкс ознаке 65/2000; Амонекс-1 ознаке 60/100 и АНФО-Ј у цаковима од 25,0 кг. Количина експлозива код изведених минирања била је: 1.715, - 2.539,0 кг, са количином по интервалу од 34,0 – 37,0 кг.

Активирање експлозива у бушотинама вршено је Нонел системом – дупло успорење, ознаке 25/500. [1].

♣ **Инструменти за регистровање** - Мерење сеизмичких ефеката, односно брзине осциловања честица тла (v) побуђеног минирањем, вршено је мерним инструментима Vibralok, производ шведске компаније АВЕМ и инструментима Micromate – Instatel канадске производње. Мерна места су се налазила код најближих грађевинских објеката у околини копа.

3. ПРОРАЧУН БЕЗБЕДНОГ РАСТОЈАЊА

Појам безбедног растојања уведен је са циљем да се обезбеди заштита објеката од сеизмичког дејства минирања, које углавном зависи од растојања објекта од места минирања (r), укупне количине употребљеног експлозива (Q), карактеристике тла, услова минирања, врсте експлозива, начина иницирања, типа градње објекта и друго. За прорачун закона осциловања тла у зони еластичних деформација, једна од најчешће коришћених емпиријских функција дата је од стране руског истраживач М.А. Садовског, која гласи [2,3]:

$$v = K_v R^{-n}, \quad (3.1.)$$

где су:

- v - брзина осциловања честица тла минирањем побуђене средине, *cm/s*
- K_v - коеф. и експонент који зависе од услова минирања и карактеристика радне средине,
- n - редуковано растојање, које се може изразити односом $R = r / \sqrt[3]{Q_{uk}}$
- R - растојање од места минирања до места мерења, (*m*)
- Q - укупно употребљена количина експлозива, (*kg*).

За одређивање параметра (K_v) и (n) углавном се користи метода најмањих квадрата [3]. Једначина 3.1 се логаритмује и тако се своди на облик:

$$\log v = \log K_v - n \log R \quad (3.2)$$

Увођењем замене: $v = y$; $K_v = a$; $R = x$; $n = b$; једначина добија следећи облик:

$$\log a - b \log x = \log y \quad (3.3)$$

Нормалан систем једначина за налажење параметара (a) и (b) у овом случају гласи:

$$N \log a - b \sum_{i=1}^N \log x_i = \sum_{i=1}^N \log y_i$$

$$(\log a) \sum_{i=1}^N \log x_i - b \sum_{i=1}^N (\log x_i)^2 = \sum_{i=1}^N \log x_i \cdot \log y_i$$

(3.4)

где је: N – број извршених мерења.

3.1. ПРОРАЧУН ЗАКОНА ОСЦИЛОВАЊА ТЛА

Регистроване вредности брзина по компонентама, израчуната макс. резултујућа брзина, укупна количина експлозива, растојање, као и редуковано растојање дато је у табели 3.1. [1].

Табела 3.1. Улазни подаци минирања и мерења

Р. бр.	Минр. бр.	Мерно место,	r (m)	Q _{ук} (kg)	v _v (cm/s)	v _t (cm/s)	v _l (cm/s)	v _{max} (cm/s)	R
1.	1	ММ-1	529,46	2.539,0	0,701	1,005	1,026	1,598	38,8102
2.		ММ-2	468,26	2.539,0	1,608	0,883	1,734	2,524	34,3241
3.		ММ-3	439,36	2.539,0	0,670	1,499	0,970	1,907	32,2057
4.		ММ-4	463,69	2.539,0	0,857	2,185	2,300	3,286	33,9891
5.		ММ-5	401,28	2.539,0	1,907	0,859	1,805	2,762	29,4144
6.	2	ММ-1	515,91	1.715,0	0,779	1,349	0,963	1,831	43,1009
7.		ММ-2	453,30	1.715,0	1,545	1,159	1,671	2,554	37,8702
8.		ММ-3	424,16	1.715,0	0,987	1,772	0,868	2,206	35,4358
9.		ММ-4	451,03	1.715,0	0,721	1,178	1,442	1,996	37,6806
10.		ММ-5	386,45	1.715,0	0,914	1,127	1,876	2,371	32,2853
11.	3	ММ-1	596,70	2.268,0	0,386	0,910	0,813	1,279	45,4159
12.		ММ-2	529,32	2.268,0	0,670	0,441	0,969	1,258	40,2875
13.		ММ-3	499,13	2.268,0	0,623	1,429	0,605	1,672	37,9897
14.		ММ-4	537,62	2.268,0	0,416	1,133	1,043	1,595	40,9193
15.		ММ-5	465,08	2.268,0	1,025	0,504	1,040	1,545	35,3981

На основу података из табеле 3.1, а за решавање једначине 3.4 креирана је табела 3.2.

Табела 3.2.

Ред. бр.	R _i	logR _i	(logR _i) ²	v _i	logv _i	logR _i logv _i
1.	38,8102	1,5889	2,5247	0,1598	- 0,7964	- 1,2654
2.	34,3241	1,5356	2,3581	0,2524	- 0,5979	- 0,9181
3.	32,2057	1,5079	2,2739	0,1907	- 0,7196	- 1,0852
4.	33,9891	1,5313	2,3450	0,3286	- 0,4833	- 0,7401
5.	29,4144	1,4686	2,1567	0,2762	- 0,5587	- 0,8204
6.	43,1009	1,6345	2,6715	0,1831	- 0,7372	- 1,2050
7.	37,8702	1,5783	2,4910	0,2554	- 0,5928	- 0,9356
8.	35,4358	1,5494	2,4008	0,2206	- 0,6563	- 1,0170
9.	37,6806	1,5761	2,4841	0,1996	- 0,6997	- 1,1028
10.	32,2853	1,5090	2,2771	0,2371	- 0,6249	- 0,9430
11.	45,4159	1,6572	2,7463	0,1279	- 0,8928	- 1,4796
12.	40,2875	1,6052	2,5766	0,1258	- 0,9003	- 1,4452
13.	37,9897	1,5797	2,4953	0,1672	- 0,7767	- 1,2270
14.	40,9193	1,6119	2,5953	0,1595	- 0,7972	- 1,2850
15.	35,3981	1,5490	2,3993	0,1545	- 0,8111	- 1,2564
Укупно:		23,8427	36,7988		- 10,6451	- 16,7258

На бази улазних података датих у табели 3.1. математичким поступком (теоријом најмањих квадрата, једначина

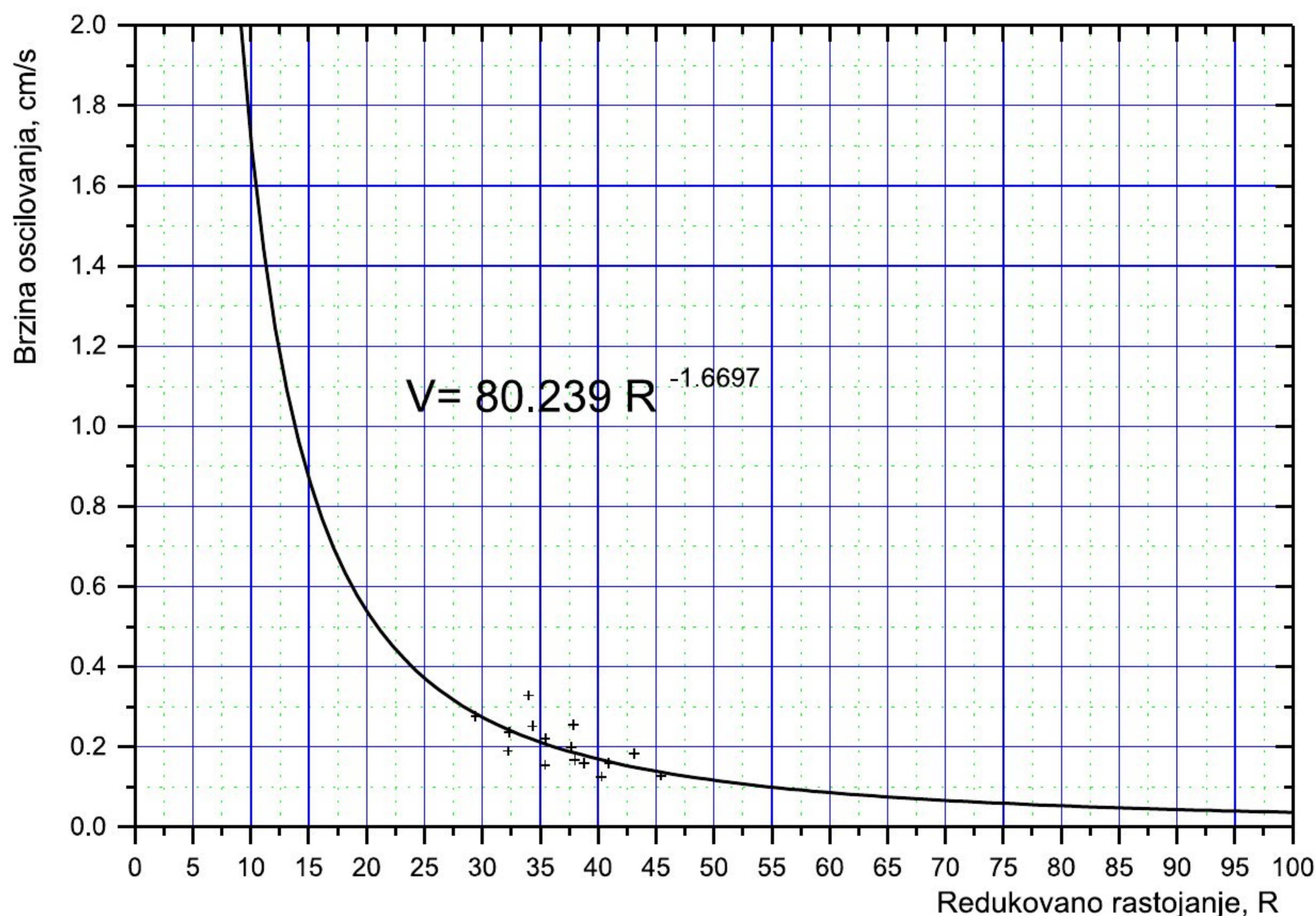
3.4 и табела 3.2) дефинисан је закон осциловања тла, који гласи:

$$V = 80,239 R^{-1,6697} \quad (3.5.)$$

Добијена једначина (3.5.) корелише добијене вредности а представља закон промене брзине осциловања тла у зависности од количине експлозива (Q), растојања (r), услова извођења минирања, као и карактеристика тла. Овај закон нам омогућава да се унапред за свако минирање прогнозира брзина осциловања, односно да се предвиди степен сеизмичког дејства који ће бити изазван минирањем. На овај начин, минирања се у погледу сеизмичког дејства стављају под контролу, што уједно пружа и могућност да се потреси не само контролишу већ и унапред планирају. На слици 3.1. дат је графички

приказ апроксимативне криве за услове извођења минирања на ПК „Камал“.

Треба истаћи да закон осциловања тла дефинисан једначином (3.5), односно утврђене вредности коефицијента (K_v) и експонента (n), важе само ако се минирање изводи са геометријом и технологијом минирања примењеном код напред описаних. Уколико би се минирања изводила са другим параметрима, интервалом успорења, количином експлозива по интервалу, утврђени закон престаје да важи, јер чиниоци који утичу на интензитет потреса су многобројни и различити [1].



Слика 3.1. Графички приказ апроксимативне криве за услове минирања на ПК „Камал“

На основу аналитичке зависности брзине осциловања тла, која је дата једначином (3.5), заштита грађевинских објеката од сеизмичког дејства минирања у околини обезбеђена је уз услов:

$$r \geq 15,797 \sqrt[3]{Q_{uk}}, \text{ (m)} \quad (3.6.)$$

где је: r – безопасно растојање, (m)

Q_{uk} – укупно употребљена количина експлозива, (kg). при чему треба водити рачуна, пре сваког минирања, да редуковано растојање (R) буде веће или једнако $R \geq 15,797$ тада ће очекивана брзина осциловања тла услед минирања бити мања или једнака брзини од $v = 0,8$

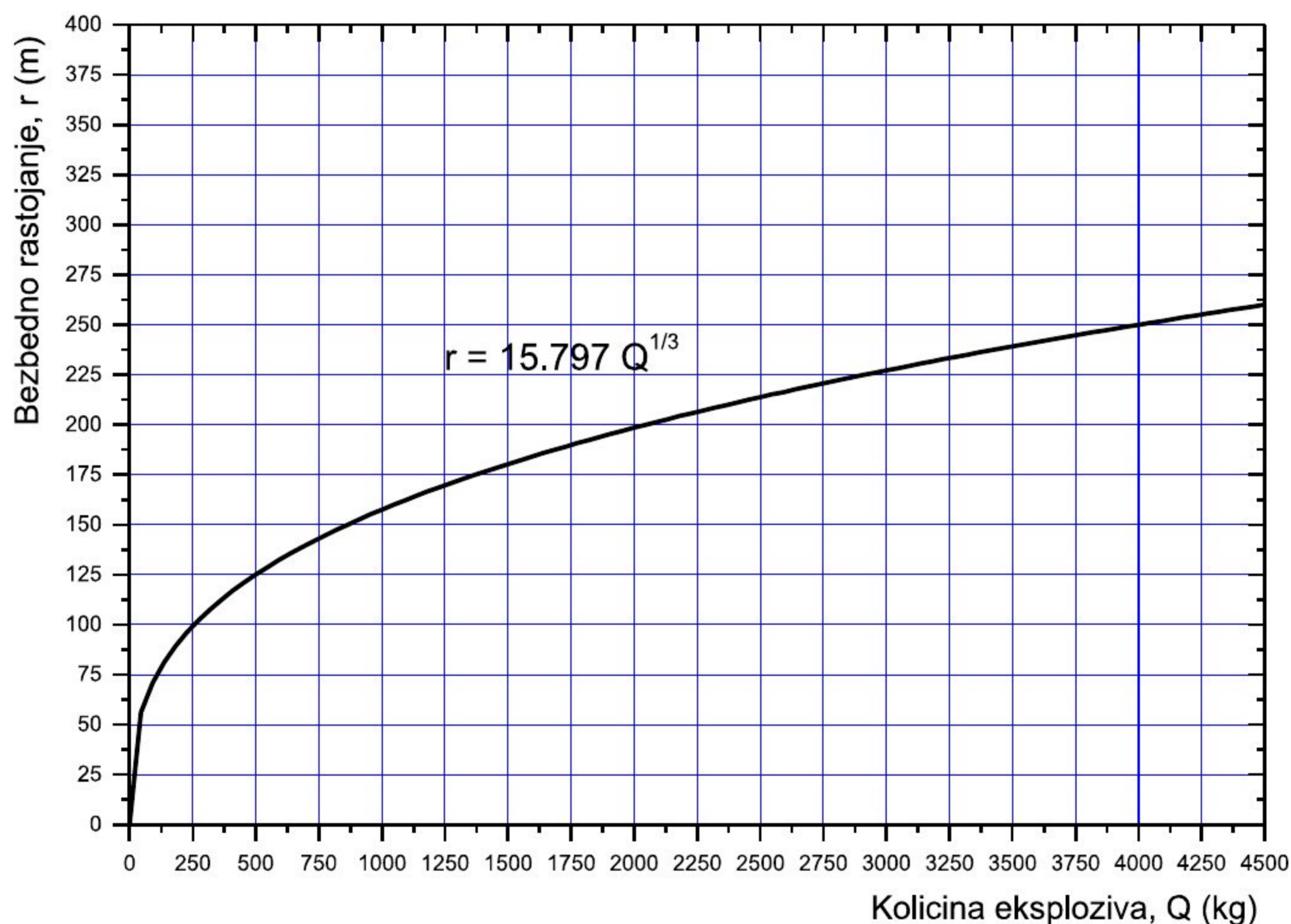
cm/s, а интензитет очекиваних потреса биће у домену IV-ог сеизмичког степена.

На бази услова датих једначином (3.6), за заштиту грађевинских објеката у близини од сеизмичког дејства минарања на локацији површинског копа „Камал“ може се направити крива безбедног растојања (видети слику 3.2.), која се лако користи приликом конструкције минског поља пре сваког изведеног минарања. На тај начин сви објекти у околини чија су растојања већа или једнака безбедном

растојању (r) биће потпуно безбедни од потреса изазваних минарањем [1].

4. ЗАКЉУЧАК

Одређен закон осциловања гла омогућава да се одреди сеизмичко дејство минарања у правцу неког грађевинског објекта или насеља, користећи при везу између брзине осциловања и последица које се могу одразити на околне објекте.



Слика 3.2. Крива безбедног растојања (r) у зависности од количине експлозива (Q)

За правилно и сигурно решавање проблема сеизмичког дејства, неопходно је са одговарајућим експерименталним минарањима одредити параметре (K_v) и (n) из једначине (3.1.) То практично значи долазимо до закона расподеле интензитета потреса, у зависности од растојања (r), укупне количине експлозива (Q) и начина извођења минарања у правцу стамбени објекти који се штите.

Из резултата инструменталних опажања на локацији површинског копа „Камал“ види се да грађевински објекти у непосредној близини нису угрожени

при оваквом режиму минарања и употребљеној количини експлозива. Код одређивања дозвољене брзине ($v = 0,8$ cm/s) узето је у обзир да се минарања изводе два до три у току тридесет дана, стање околних објеката као и други фактори, како не би дошло до оштећења околних објеката.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Трајковић С.; Бајић С.; СТУДИЈА СЕИЗМИЧКОГ ДЕЈСТВА НА ОКОЛНЕ ГРАЂЕВИНСКЕ ОБЈЕКТЕ КАО ПОСЛЕДИЦА ИЗВОЂЕЊА

МИНИРАЊА НА ПК „КАМАЉ"
КОД МИОНИЦЕ, (С) – Флуктус 032,
Чачак, 2022.

- [2] Равелић М.; АНАЛИЗА УТИЦАЈА
МИНИРАЊА НА ЖИВОТНУ
СРЕДИНУ И ГРАЂЕВИНСКЕ
ОБЈЕКТЕ, Мастер рад, РГФ Београд,
2012.
- [3] Трајковић С.; Слимак Ш.; Лутовац
С.; ТЕХНИКА МИРАЊА И

ПОТРЕСИ, Књига, РГФ Београд,
2005.

- [4] Трајковић С.; Лутовац С.; ЗАШТИТА
ОД МИНИРАЊА, Књига, РГФ
Београд, 2014.
- [5] Ракић А.; СЕИЗМИКА МИНИРАЊА,
Монографија, ДИТ НИС-Нафтагас,
Нови Сад, 2005.

Адреса аутора: Трајковић Слободан, ред.проф. у
пензији, Рударско – геолошки факултет у Београду
е-маил: slobodantra@mts.rs

Рад примљен: јул 2023.

Рад прихваћен: септембар 2023.