



ЗРГИМ

**VIII СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ СО
МЕЃУНАРОДНО УЧЕСТВО**

ПОДЕКС – ПОВЕКС '15

**13 ÷ 15. 11. 2015 година
Крушево**

**ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА
ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ**

ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ

Зборник на трудови:

ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ

Издавач:

Здружение на рударски и геолошки инженери на Република Македонија

www.zrgim.org.mk

Главен и одговорен уредник:

Проф. д-р Зоран Десподов

Уредник:

Асс. д-р Стојанче Мијалковски

За издавачот:

Горан Сарафимов, дипл.руд.инж.

Техничка подготовка:

Асс. д-р Стојанче Мијалковски

Изработка на насловна страна:

м-р Ванчо Ациски

Печатница:

Калиографос, Штип

Година:

2015

Тираж:

130 примероци

CIP - Каталогизација во публикација
Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

622.22/23:622.3(062)

СТРУЧНО советување со меѓународно учество ПОДЕКС-ПОВЕКС'15 (7; 2015; Крушево)
Технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини: зборник на трудови / VIII стручно советување со меѓународно учество ПОДЕКС-ПОВЕКС'15 13-15.11.2015 година Крушево; [главен и одговорен уредник Зоран Десподов, Стојанче Мијалковски]. - Штип: НУ Универзитетска библиотека "Гоце Делчев", 2015-200 стр.: илустр.; 30 см

Abstracts кон трудовите. - Библиографија кон трудовите
ISBN 978-608-242-019-6

а) Рударство – Експлоатација – Минерални сировини – Собири
COBISS.MK-ID 99826186

Сите права и одговорности за одпечатените трудови ги задржуваат авторите. Не е дозволено ниту еден дел од оваа книга биде репродуциран, снимен или фотографран без дозвола на авторите и издавачот.



ОРГАНИЗАТОР:

**ЗДРУЖЕНИЕ НА РУДАРСКИТЕ И ГЕОЛОШКИТЕ
ИНЖЕНЕРИ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА**

www.zrgim.org.mk



КООРГАНИЗАТОР:

**УНИВЕРЗИТЕТ “ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ” - ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ
ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО**

НАУЧЕН ОДБОР:

Проф. д-р **Зоран Десподов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;
Проф. д-р **Зоран Панов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;
Проф. д-р **Дејан Мираковски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;
Проф. д-р **Тодор Делипетров**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;
Проф. д-р **Благој Голомеов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;
Проф. д-р **Орце Спасовски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Македонија;
Проф. д-р **Милош Грујиќ**, Институт за испитување на материјали, Белград, Р. Србија;
Проф. д-р **Ивица Ристовиќ**, РГФ, Белград, Р. Србија;
Проф. д-р **Витомир Милиќ**, Технички факултет во Бор, Р. Србија;
Проф. д-р **Петар Даскалов**, Научно – технички сојуз за рударство, геологија и металургија, Софија, Р. Бугарија;
д-р **Кремена Дедељанова**, Научно – технички сојуз за рударство, геологија и металургија, Софија, Р. Бугарија;
м-р **Саша Митиќ**, Рударски Институт, Белград, Р. Србија.

ОРГАНИЗАЦИОНЕН ОДБОР:

Претседател:

Проф. д-р **Зоран Десподов**, УГД, ФПТН, Штип.

Потпретседатели:

Проф. д-р **Зоран Панов**, УГД, ФПТН, Штип;
м-р **Кирчо Минов**, Рудник за бакар “Бучим”, Радовиш.

Генерален секретар:

м-р **Горан Сарафимов**, ЗРГИМ, Кавадарци.

ЧЛЕНОВИ НА ОРГАНИЗАЦИОНИОТ ОДБОР:

Асс. д-р **Стојанче Мијалковски**, УГД, ФПТН, Штип;
Љупчо Трајковски, ЗРГИМ, Кавадарци;
Мице Тркалески, Мермерен комбинат, Прилеп;
Зоран Костоски, Мармо Бианко, Прилеп;
Шериф Алиу, ЗРГИМ, Кавадарци;
Драган Димитровски, Државен инспекторат за техничка инспекција, Скопје;
Филип Петровски, ИММ Рудник “Злетово”, Пробиштип;
Љупче Ефнушев, Министерство за економија, Скопје;
м-р **Борче Гоцевски**, Рудник “САСА”, М. Каменица;
м-р **Благоја Георгиевски**, АД ЕЛЕМ, РЕК Битола, ПЕ Рудници, Битола;
м-р **Сашо Јовчевски**, ЗРГИМ, Кавадарци;
м-р **Горан Стојкоски**, Рудник “Бела Пола”, Прилеп;
м-р **Костадин Јованов**, Геолошки завод на Македонија, Скопје;
м-р **Трајче Бошевски**, Рудпроект, Скопје;
Чедо Ристовски, Рудник “САСА”, М. Каменица;
Антонио Антевски, ИММ Рудник “Тораница”, К. Паланка;
Драган Насевски, ГИМ, Скопје;
Миле Стефанов, Рудник “Бањани”, Скопје;
Живко Калевски, Рудник “Осломеј”, Кичево;
Марија Петровска, Стопанска Комора, Скопје;
Проф. д-р **Борис Крстев**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Мирјана Голомеова**, УГД, ФПТН, Штип;
Проф. д-р **Ристо Дамбов**, УГД, ФПТН, Штип;
Доц. д-р **Николинка Донева**, УГД, ФПТН, Штип;
Доц. д-р **Ристо Поповски**, УГД, ФПТН, Штип;
Доц. д-р **Марија Хаџи-Николова**, УГД, ФПТН, Штип;
Асс. д-р **Афродита Зенделска**, УГД, ФПТН, Штип;
Асс. м-р **Радмила Каранакова Стефановска**, УГД, ФПТН, Штип.



ЗРГИМ
Здружение на
рударски и
геолошки инженери
на Македонија

VIII СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:

Технологија на подземна и површинска експлоатација
на минерални сировини

ПОДЕКС – ПОВЕКС '15

Крушево
13 ÷ 15. 11. 2015 год.

КОРЕЛАЦИЈА НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОД ГЕОМЕХАНИЧКИТЕ И СЕИЗМИЧКИТЕ ИСТРАЖУВАЊА ЗА СТАБИЛНОСТА НА РАБОТНИТЕ КОСИНИ ВО РУДНИКОТ ЗА ЈАГЛЕН "СУВОДОЛ"

**Страше Маневски¹, Зоран Панов², Тодор Делипетров²,
Владимир Маневски², Марјан Делипетрев²**

¹АД ЕЛЕМ, РЕК Битола, Р. Македонија

²Универзитет "Гоце Делчев", Факултет за природни и технички науки,
Институт за рударство и геологија, Штип, Р. Македонија

Апстракт: Како еден од главните фактори за проценка на стабилноста на косините се физичко – механичките својства на карпестите маси. Геолошките, инженерско – геолошките, хидрогеолошките и климатските карактеристики на анализираното подрачје и поширокиот регион, условуваат и специфични хидрогеолошки одлики на испитуваниот простор. За да се дефинираат условите на експлоатација и геометрија на ископот по одделни фази, направени се соодветни анализи на стабилноста. Во анализирањето се користени современи методи за дефинирање на стабилноста на работните косини (метода на ламели, Bishop, Spencer и Janbu). Додатен аспект на истражувањата обработени во научниот труд претставува корелацијата помеѓу сеизмичките и геомеханичките карактеристики на медиумот. Во научниот труд е преставена зависноста помеѓу брзините на простирање на V_p и V_s брановите и геомеханичките параметри на медиумот: E - Јунгов модул на еластичност, G – модул на смолкнување и ν – поасоновиот коефициент како и ϕ – аголот на внатрешно триење и кохезијата на материјалот – c .

Клучни зборови: свлечишта, стабилност, пукнатини, еластични бранови, геомеханички параметри, еластични карактеристики.

CORRELATION OF THE RESULTS OF GEOMECHANICAL AND SEISMIC INVESTIGATIONS APPLIED FOR THE STABILITY OF THE WORKING SLOPES IN THE COAL MINE "SUVODOL"

**Strase Manevski¹, Zoran Panov², Todor Delipetrov²,
Vladimir Manevski², Marjan Delipetrev²**

¹AD ELEM, REK Bitola, R. Macedonia

²University "Goce Delcev", Faculty of Natural and Technical Sciences,
Institute of mining and geology, Stip, R. Macedonia

Abstract: As one of the main factors in the estimation of the stability of the slopes are the physical – mechanical properties of the rock masses. The geological, hydrogeological and climate characteristics of the analyzed area and the wider region, condition a specific hydrogeological characteristics of the investigated area. In order to define the conditions of

exploitation and geometry of the mine in separate stages, are made an appropriate analysis of the stability. In the analysis are used advanced methods for defining the stability of the slopes (lamellas method, Bishop, Spencer and Janbu). As an additional aspect presented in the paper is the correlation between the seismic and the geomechanical characteristics of the media. In the paper is presented dependence between V_p and V_s velocities and geomechanical parameters of the medium: E - Young's modulus of elasticity, G - shearing modulus and ν - Poisson coefficient as well as the ϕ – angle of internal friction and the cohesion of the material – c .

Keywords: landslides, stability, cracks, elastic waves, geomechanical parameters, elastic characteristics

ВОВЕД

Континуираното следење, перманентните анализи и проценки и како и донесувањето на конкретни заклучоци и препораки за геотехничката стабилност на ПК “Суводол” се едни од основните фактори за непречено одвивање на експлоатацијата на јаглен од овој рудник како најдоминантен во Р. Македонија.

Најтипичен фактор за нарушување на стабилноста на косините е промената на геометриската форма, парцијално или локално нарушување или лизгање т.е. создавање на нова косина. При промени на формите на косините доаѓа до промена во напонската состојба и во поедини зони во карпестите масиви се јавуваат нови напонски состојби, односни нови деформации. Кога оваа напонска состојба предизвикува критични деформации доаѓа до големи промени и деформации на геометриската форма на косините во целина или во некој нејзин дел.

Промената на физичко – механичките својства на карпестите маси е многу чест причинител за појава на нестабилност на косината. Промената на нивото на подземни води нивното замрзнување и одмрзнување и слично, создаваат нови услови во напонската состојба на карпестата маса и доведува до појава на нестабилност на косината,

Долготрајниот процес на промена на напонската состојба и состојбата на деформација при еднакви останати услови во кои се наоѓа карпестата маса, може да доведе до нестабилност на косината. Притоа во поедини делови на карпестите маси се јавува преоптеретување и деформации кои ја смалуваат стабилноста на косината во целина. Процесот на ослободување на напонот во близина на новосоздадената косина, создава нов дисконтинуитет и ослабување на карпестата маса. Услов за стабилноста на секоја косина е да постои рамнотежа меѓу надворешните сили и внатрешниот отпор на средината од косината.

Анализирањето на геотехничката стабилност на косините на откопните блокови во рудникот “Суводол” дава можност за проценка на сигурноста на тековниот процес на експлоатација како и планирање на понатамошниот развој.

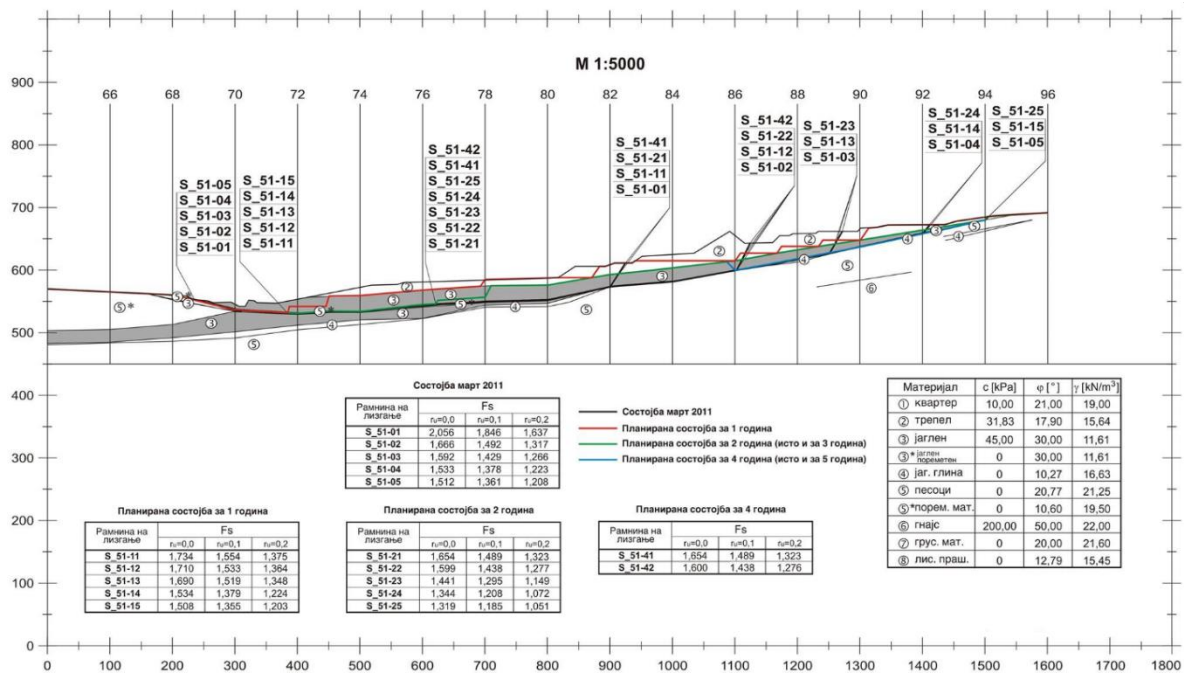
Посебен осврт е даден на дел од геофизичките методи кои даваат можност за прозрачување на просторот во длабочина. Геофизичките методи во процесот на мерење обработката и интерпретација на мерните резултати се темелат на даден физички параметар на карпестите маси. Во трудот посебно е посветено најголемо внимание на сеизмичките методи кои директно ги дефинираат основните геомеханички параметри на истражуваната средина, како што е Јунговиот модул на еластичност, модулот на смолкнување, густината на карпите и поасоновиот коефициент.

Сеизмичките методи се базираат на определување на брзината на простирање на лонгитудиналните V_p и трансверзалните V_s еластични бранови во истражниот простор. Поради дисконтинуитетот на геомеханичките карактеристики на карпестите масиви, сеизмичките истражувања нудат можност за определување на геомеханичката стабилност на работната косина низ повеќе точни долж испитуваната етажна линија. Преку парцијално определување на стабилноста на работната косина се избегнува

генералната проценка на стабилност и се дава можност за определување на локалната стабилност на поедини карактеристични точки долж работната косина.

1. СТАБИЛНОСТ НА КОСИНИ ОПРЕДЕЛЕНА СПОРЕД УТВРДЕНИ ГЕОМЕХАНИЧКИ ПАРАМЕТРИ

Решението на стабилноста на косината на земјините и карпестите средини се базира на определување на поместувањето на косината како и проценката за степенот на нејзината стабилност, врз основа на познатите сили и деформационите својства. Тоа значи дека мора да се познава напонската состојба и деформација предизвикана од промената на напонската состојба. Ова од своја покрај формирање на равенката на рамнотежа бара да се формулира и врквата на напонот и деформацијата (однесувањето на материјалот под оптеретување) [3]. Во табелата 1. Се претставени утврдени фактори кои влијаат врз геомеханичката стабилност на работните косини. За да се добие најрелевантни и најрепрезентативни резултати од спроведената анализа на стабилноста, најважно е да се има правилно избрани и прецизни вредности на геомеханичките параметри на материјалите кои ги тангираме во анализите. Затоа при решавањето на овој проблем се користат сите податоци како од сегашните така и од претходните истражувања и испитувања. Усвоените геомеханички параметри за застапените геолошки формации се прикажани во табелата 2.



Слика 1. Профилна линија со геомеханичка стабилност (метода на Spencer)

На сликата 1 е претставена профилна линија од ПК “Суводол” Со пресметана геотехничка стабилност на работните косини за тековната состојба како и за понатамошниот планиран ископ.

Табела 1. Фактори кои влијаат на стабилноста на косините

Група фактори	Фактори кои влијаат на стабилноста	Какво влијание имаат	Се зема предвид
Геолошки и инженерско геолошки	Литолошки состав	Влијае на тврдината на карпите	Кај пресметки за аглиите на завршните косини и косините на етажите
	Тврдина на карпите	Ја одредува општата стабилност на зав. косини	Кај пресметки за аглиите на завршните косини и косините на етажите
	Распуканост, слоевитост и тектоника	Го намалува отпорот на масивот на лизгање	Кај одредување на аглиите на раб. косини и методи против деформација
	Распаднатост и постојаност	Влијае на тврдината и развојот на зарушување	Кај одредување на аглиите на раб. косини и методи против деформација
	Бубрење и навлажнување	Го намалува отпорот на лизгање	Кај одредување на аглиите на раб. косини и методи против деформација
Хидрогеолошки	Хидростатски притисок	Има влијание на општата стабилност на завршната косина	Кај пресметки на косините
	Хидродинамички притисок	Има влијание на стабилноста на песочните косини	Кај планирање на мерки против лизгање
	Суфозија	Предизвикува течење на косините	Кај планирање на мерки против лизгање
	Доток на вода во карпите кои бабрат	Го намалува отпорот на лизгање	Кај пресметка на косини
	Лачење	Продирање на вода	Кај одредување на начини за одводнување на лежиштето
	Поголема количина на статичка вода под притисок	Продирање на вода	Кај одредување на начини за одводнување на лежиштето
Рударско – технички	Дупчачко минерски работи	Предизвикуваат дробење на карпите и покажува сеизмичко влијание	Кај пресметки за дупчење и минирање и стабилност на косините
	Закошување на етажите	Има влијание на стабилноста на косините	Аглиите на косините се одредуваат со проектот
	Влијание на подземна експлоатација	Предизвикува зарушување на карпите и појава на пукнатини	Кај одредување на аглиите на завршна косина и за вештачко зацврстување на косините
	Профил на работните површини на етажите	Обезбедува протекување на атмосферските води и спречува лизгање	Кај одредување на агол на работните косини
	Распоред на експлоатација	Помага за помал коефициент на раскривка	Кај оперативно планирање
	Општ профил на завршните косини на површинскиот коп	Влијае на општата стабилност и волумен на откривката	Кај одредување на аглиите на завршна косина

Табела 2. Геомеханички параметри на материјалите

Реден број	Вид на материјал	Геомеханичка ознака	γ (kN/m ³)	ϕ (°)	C (kN/m ²)
1	Квартер – декувијални седименти	CL/CI	19.00	21.00	10.00
2	Трепел	(TR)	15.64	17.90	31.83
2*	Трепел – пореметен	(TR)	15.64	13.0	0.0
3	Јаглен	(L)	11.61	30.00	45.0
3*	Јаглен – пореметен	(L)	11.61	30.00	0.0
4	Јагленова глина	OH / OI	16.63	10.20	0.0
5	Подински песоци и прадини	SFs SFs / MI	21.2	20.77	0.0
5*	Пореметен материјал	SFs SFs / MI	19.50	10.60	0.0
6	Гнајс	(Gn)	22.00	50.00	200.00
7	Грус – чакалест материјал од распадна основна карпа	SW / Gn	21.60	20.00	0.0
8	Лискунска прашина	MI / MH	15.45	12.79	0.0

2. ЗАВИСНОСТ ПОМЕЃУ БРЗИНИТЕ НА ПРОСТИРАЊЕ И ЕЛАСТИЧНИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА КАРПЕСТИТЕ МАСИ

Сеизмичките методи се базираат на определување на брзината на простирање на лонгитудиналните V_p и трансверзалните V_s еластични бранови во истражниот простор. Научниот труд се базира на определување на стриктна поврзаност помеѓу брзините на простирање на еластичните бранови V_p и V_s со геомеханичките параметри на истражниот простор. Гледано од физички аспект простирањето на еластичните бранови се определува во средина со одредени еластични карактеристики, односно медиумот се карактеризира како пластична средина т.е. како зона на пластичност. Теоретските разлики помеѓу еластичните и пластичните карактеристики на медиумот како и неговата нехомогеност ја редуцираат прецизноста при определувањето на геомеханичките параметри преку брзините на простирање V_p и V_s , во однос на физичките лабораториски испитувања.

Предноста на геофизичките (сеизмичките) испитувања во однос на дупчењето и геомеханичките испитувања на картираниот материјал, е тоа што сеизмичките испитувањата обезбедуваат релевантни податоци за целиот истражен простор, додека истражните дупнатини ги определуваат карактеристиките само за една определена точка. Во секој случај за инвеститорите од големо значење и е големата разлика во цената помеѓу двете студии.

Во средина со определена еластичност т.е. за изотропни хомогени средини зависноста на брзината на простирање на сеизмичките еластични бранови е определена со равенствата [2]:

$$V_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}}; \quad V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad (1)$$

Каде што:

- λ, μ – Ламеови коефициенти Lamé coefficients,
- ρ – густина,
- V_p – брзина на простирање на лонгитудинален бран,
- V_s – брзина на простирање на трансверзален бран.

Битно е да се напомени дека μ е волуменски модул:

$$\mu = G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (2)$$

Брзините V_p и V_s можат да бидат претставени преку Јунговиот модул на еластичност E , модулот на смолкнување G и поасоновите коефициент ν [4].

$$V_p = \sqrt{\frac{1}{\rho} \frac{E(1-\nu)}{(1+\nu)(1+2\nu)}}; \quad V_s = \sqrt{\frac{E}{\rho \cdot 2(1+\nu)}} = \sqrt{\frac{G}{\rho}} \quad (3)$$

Геомеханичките параметри на хомоген изотропен медиум вообичаено се дефинираат преку Јунговиот еластичен модул E и поасоновите коефициент или преку адекватните Ламеови коефициенти λ и μ . Во табелата 3 се претставени релациите помеѓу еластичните параметри. Секој од наведените параметри е претставен преку два соодветни именувани еластични параметри.

Брзините на простирање претставуваат директен резултат на сеизмичките истражувања. Од тие причини определувањето на геомеханичките параметри преку брзината на ширење на еластичниот бран низ медиумот претставува елементарна основа за апликативно користење на сеизмичките методи при определување на стабилноста на работните косини.

Табела 3. Зависности помеѓу еластичните параметри

	E	ν	k	μ	λ
(E, ν)			$\frac{E}{3(1-2\nu)}$	$\frac{E}{2(1+\nu)}$	$\frac{E\nu}{(1+\nu)(1-2\nu)}$
(E, k)		$\frac{3k-E}{6k}$		$\frac{3kE}{9k-E}$	$\frac{3k(3k-E)}{9k-E}$
(E, μ)		$\frac{E-2\mu}{2\mu}$	$\frac{\mu E}{3(3\mu-E)}$		$\frac{\mu(E-2\mu)}{3\mu-E}$
(ν , k)	$3k(1-2\nu)$			$\frac{3k(1-2\nu)}{2(1+\nu)}$	$\frac{3k\nu}{1+\nu}$
(ν , μ)	$2\mu(1+\nu)$		$\frac{2\mu(1+\nu)}{3(1-2\nu)}$		$\frac{\mu 2\nu}{1-2\nu}$
(ν , λ)	$\frac{\lambda(1+\nu)(1-2\nu)}{\nu}$		$\frac{\lambda(1+\nu)}{3\nu}$	$\frac{\lambda(1-2\nu)}{2\nu}$	
(k, μ)	$\frac{9k\nu}{3k+\nu}$	$\frac{3k-2\nu}{2(3k+\mu)}$			$k - 2\mu/3$
(k, λ)	$\frac{9k(k-\lambda)}{3k-\lambda}$	$\frac{\lambda}{3k-\lambda}$		$3/2(k-\lambda)$	
(μ , λ)	$\frac{\mu(3\lambda+2\mu)}{\lambda+\mu}$	$\frac{\lambda}{2(\lambda+\mu)}$	$\lambda + (2/3)\mu$		

Аналогно на тоа со дополнително обработување на прикажаните равенства возможно е да се претстави директната зависност на еластичните модули на карпестите маси со брзините на простирање на еластичните бранови. Па според тоа преку наредните релации се определува зависноста на еластичните модули од брзините V_p и V_s [1].

- Пуасонов коефициент:

$$\nu = \frac{(V_p^2 - V_s^2)}{2(V_p^2 - V_s^2)} \quad (4)$$

- Модул на еластичност:

$$E = 2(1 + \nu)G \quad (5)$$

- Модул на смолкнување:

$$G = V_s^2 \rho \quad (6)$$

- Волуменски модул:

$$\mu = \frac{E}{3(a-2\nu)} \quad (7)$$

Во реални услови карпестите маси се многу поблиску до моделот на хомоген изотропен еластичен медиум за разлика од почвите кои на релативно мали потреси се деформабилни и надвор од зоната на еластичност.

Почвите во однос на карпестите маси се однесуваат како пластични средини или лесно деформабилни. Од тој аспект од големо значење е определување на врската помеѓу нормална сила на напрегање и граничен отпор на деформирање. Генерално гледано зависноста помеѓу нормалната сила на напрегање σ на било кој сегмент на почвената маса и кореспондирачкиот отпор на деформирање на единица површина се определува преку равенството:

$$s = c + \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (8)$$

Каде што:

- s – Сила на деформирање,
- c – Кохезија на почвата,
- σ – Сила на напрегање,
- φ – Агол на внатрешно триење.

Кохезијата c е еднаква на отпорот на деформирање за единица површина доколку силата на напрегање $\sigma = 0$.

За растресити почви кохезијата $c = 0$ и наведената равенка ја добива следната форма:

$$s = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (9)$$

Од горе наведеното јасно се определува дека отпор на деформирање на почвата директно зависи од тангенцијалната сила на напрегање на медиумот. Кога истата ја надмине критичната вредност доаѓа до деформирање на почвата. Деформирање во медиумот настанува кога тангенцијалната сила G го надминува отпорот на деформирање, или кога $G \geq s$. Знаејќи дека:

$$V_s = \sqrt{\frac{G}{s}} \text{ и } s = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (10)$$

Доколку претходната равенка за тангенцијалната сила G се замени со изразот за отпорот на деформација s , се добива дека:

$$V_s = \sqrt{\frac{\sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi}{\rho}} \quad \text{или} \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{\rho V_s^2}{\sigma} \quad (11)$$

Од последните равенства се заклучува дека аголот на внатрешно триење за определена средина може да се определи преку густината ρ , брзината V_s и нормалната сила σ . Доколку нема додатни сили нормалната сила може да се дефинира како гео – статична.

Според обработените податоци може да се заклучи дека високите брзини на простирање во принцип значат дека материјалот има голема компактност и кохезија, додека помалите брзини на простирање индицираат раздробени зони или почви со помала кохезија.

3. ЗАКЛУЧОК

Од прикажаните теренски геомеханички испитувања се определени неопходните геомеханички параметри според кои се проценува стабилноста на работните косини. Прикажаните зависимости помеѓу брзините на простирање V_p и V_s како и определените геомеханичките параметри јасно ја индицираат можноста истите да се користат при определување на еластичните карактеристики на истражниот простор како и за определување на кохезијата на материјалот и аголот на внатрешно триење.

Предноста на сеизмичките истражувања не е карактеризирана само со ниската цена на апликација (во однос на конвенционалните начини на испитување). Главните придобивки при користењето на сеизмичките методи е селективниот пристап на испитување на стабилноста на карпестата маса низ неограничен број на точки долж испитуваната профилна линија. Со тоа проценката за општа стабилност на работната косина се проширува спрема локална или парцијална стабилност на делови од карпестата маса во работната косина. Исто така со определување на геомеханичките аномалии во поширокиот истражен простор сеизмичките испитувања можат да се користат како преелиминарни истражувања за поефикасно планирање на етажните линии на површински ископ со обезбедување на максимална стабилност на работните косини. Според тоа апликацијата на геофизичките методи, конкретно сеизмичките има незаменлива улога при дефинирање на геомеханичките параметри, а според претходно наведените методи и определување на стабилноста на работните косини.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Делипетров Т. Основи на геофизика, Универзитет Кирил и Методиј – Скопје, 2003;
- [2] Dragašević T. (1983) - Seizmička istraživanja, Geofizički institut, Beograd 1983;
- [3] Панов З. (2011): Механика на карпи – Штип;
- [4] Šandor Slimak (1996) Inženjerska geofizika.