



**ОПРЕДЕЛЯНЕ ПАРАМЕТРИТЕ НА УСТОЙЧИВИ ОТКРИВНИ СЪПАЛА ПРИ РАЗЛИЧНИ
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОЖКИ УСЛОВИЯ В ОТКРИТИТЕ РУДНИЦИ ПРИ „МИНИ МАРИЦА-ИЗТОК” ЕАД**

инж. Ивайло Василев, ivailo.vasilev@marica-iztok.com, „Мини Марица-изток“ ЕАД-Управление
инж. Ясен Чаушев, yasen.chaushev@marica-iztok.com, „Мини Марица-изток“ ЕАД-Управление
инж. Илия Карагяуров, ilia.karagiaurov@marica-iztok.com, „Мини Марица-изток“ ЕАД-Управление

РЕЗЮМЕ

За да се предотвратят прояви на свлачищни явления на откривните стъпала при отработването им е нужно да се определят параметрите им, при които те са в устойчиво състояние. За целта са характеризирани свлачищата на откривните стъпала в рудниците и са обосновани изчислителните схеми и показателите за конкретните инженерно-геоложки условия.

**DETERMINATION OF PARAMETERS OF STABILITY OF THE OVERBURDEN LEVELS IN VARIOUS
ENGINEERING AND GEOLOGICAL CONDITIONS IN THE OPEN-PIT MINES
AT "MINI MARITSA-IZTOK" EAD**

Eng. Ivailo Vasilev, ivailo.vasilev@marica-iztok.com, "Mini Maritsa-iztok" EAD- Head Office
Eng. Yassen Chaushev, yasen.chaushev@marica-iztok.com, "Mini Maritsa-iztok" EAD- Head Office
Eng. Iliya Karagiaurov, ilia.karagiaurov@marica-iztok.com, "Mini Maritsa-iztok" EAD- Head Office

ABSTRACT

In order to prevent the occurrence of landslides on the overburden levels while the work on them is in progress, it is necessary to define the parameters at which these levels would be in a stable condition. Therefore, the landslides on the overburden levels in the mines have been characterized, as well as calculation schemes and parameters for the specific engineering and geological conditions have been justified.

1. Характеристика на свлачищата на откривните стъпала

Свлачищата на откривните стъпала на рудниците на „Мини-Марица -изток“ са явление, което съпътства отработването им. Широчината (по дължината на фронта на стъпалото) на свлечения участък достига 100-150м., а дължината 50-70м. Задвижените маси се преместват до няколко десетки метри, като разрушават водоотливни съоръжения, затрупват и изместват гумено лентови транспортъори. При наличие в стъпалата на водоносни пясъци, свлечените маси се обводняват и допълнително разтичат. Свлеченията на откривните стъпала създават реална опасност за тежки поражения за багерите транспортните средства и инженерните съоръжения. Затова въпросите, свързани с устойчивостта и отработване на откривните стъпала в една или друга степен, са намерели полагаемото им се място в редица разработки.

Появилите се на откривните стъпала в рудниците, свлачища могат, да се обособят в следните основни групи:

-свлачища на стъпала, развиващи се във въгленосното ниво и на стъпала в близост до основата, на които се разпростира слаба прослойка.

-свлачища на стъпала, изградени от рязко различаващи се по свойства литоложки разновидности –глини и пясъци

-свлачища на стъпала изградени от разнородни глини

Най-често наблюдавани свлачища на откривните стъпала в рудниците са свлачищата от първа група. Те се проявяват на първо и в определени участъци на второ откривно стъпало. Характерно за

тези свлачища е схемата на деформиране с призма на активен натиск и блок пред нея. В случаите, когато свлачището става под основата на стъпалото на известно разстояние под долния му ръб се формира вал на подуване.

Схемата на деформиране с призма на активен натиск и блок пред нея преобладаващо се развива в участъци, където откривното стъпало е изградено от сивозелени глини, а в близост до основата му се разпростира слаба (черни или сивочерни глини) прослойка или слаба повърхнина.

Свлачищата на стъпалата от втора група са свързани с наличие на пясъци в стъпалото и с тяхната обводненост. В зависимост от местоположението на пясъка могат да се обособят три гранични случаи: 1) пясъчното отложение се разкрива в горната, 2) в средната и 3) в долната част на стъпалото.

Когато силно обводнени пясъци се разкриват в горната част на стъпалото, първоначално част от тях изтичат заедно с водата и се разтичат върху площадките (бермите) или в основата на стъпалото. При дебелина на пясъка повече от 3-4 м. разтичането на площадка пред долния ръб на стъпалото достига 10-12 м и повече метра. След намаляване на дебита на изтичащата вода, пясъка започва да се обрушава на блокове до няколко метра по почти вертикални повърхнини.

За проявяването на свлачище от втория случай е необходимо наличието на сравнително мощен (7-8 м.) слой слабо споени пясъци и подходящо ориентирана напуканост на глините под тях. Обикновено тези глини са жълтокафяво оцветени и интензивно напукани. Когато пясъчното отложение е в средата на стъпалото свличането се осъществява по две схеми. 1) свличане до пясъка 2) свличане на цялата стъпало с включване на лежащите под пясъка литоложки разновидности.

Свличането на стъпала, в долната част на които се разкрива пясъка е свързано с мощността на пясъчното отложение, степента му на обводненост или споеност и характера на напукаността на отгоре лежащите литоложки разновидности. Обикновено свличането е предшествано от обрушване и изтичане на част от пясъка. Плъзгането на задвижените маси се осъществява по плъзгателна повърхнина, която минава в горната част на пясъчното отложение.

Най-рядко проявилите се и наблюдавани в рудниците свлачища на стъпала са свлачищата от третата група, поради което съществуващата за тях информация е сравнително оскъдна. Проявата на този тип свлачища е свързано с вида на глините, степента на разуплътненост и изветрялост, степента и характера на напуканост, подходяща ориентация и редица други фактори.

2. Обосновка на изчислителни схеми и показатели за конкретните инженерно-геоложки условия

Под стабилитетно оразмеряване в „Марица изток“ е прието да се разбира определянето на откосите- височина и наклон при предварително зададени условия на устойчивост и оценка на устойчивостта на съществуващи и проектни откоси.

За оценка на състоянието на приоткосния масив се използва коефициент на устойчивост, който представлява отношението между удържащите и срязващите сили по най-напрегнатата вътрешна граница на масива, която може да бъде потенциалната или съществуваща плъзгателна повърхнина. При стойност на коефициента на устойчивост единица съществува гранична равновесие. При по-голяма или по-малка стойност на коефициента състоянието на приоткосния масив е устойчиво или неустойчиво.

За извършване на стабилитетни изчисления са необходими два еднакво важни елемента изчислителни показатели на свойствата на приоткосния масив и изчислителни методи

2.1 Изчислителни методи

За изчисляване на устойчивостта на откосите съществуват много методи, които се отличават по намиране на мястото и формата на плъзгателната повърхнина, по вида на използваните характеристики на якостните свойства на срязване на скалите, по начина на решаване на задачата.

Решаването на задачите на устойчивостта по теорията на пределното равновесие е свързано със сложни изчисления, затова в практиката е прието прилагането на по-опростени инженерни методи,

които позволяват съставянето на схеми с достатъчно точност. Такива са изчислителните схеми на Г. Л. Фисенко прилагани в „ Марица изток“.

Откривните стъпала на рудниците са изградени от литоложки разновидности, притежаващи рязко отличаващи се свойства и редица структурни дефекти-пукнатини, тектонски нарушения, отслабени контакти. Затова вътрешната граница на гранично равновесие в стъпалата има сложна повърхнина-начупена или изцяло или частично криволинейна. Ето защо изчисляването на устойчивостта е необходимо да се извършва по схеми, в които приеманата изчислителна повърхност съвпада или е близка на тази, която се реализира в масива. Имайки пред вид горното, стабилитетните изчисления за откосите на откривните стъпала следва да се решават по метода на алгебричното сумиране на сили, а за група стъпала да се използва схема с активна призма централен блог и пасивна призма.

2.1.1 Изчислителна схема за откоси в еднородна среда

В случая еднородна среда има условен характер. Към такава среда се отнасят и слоисти масиви без издържани структурни дефекти и без наличието на литоложки разновидности с якостни свойства, които са значително по-ниски от тези на другите литоложки разновидности в стъпалото.

Ограниченията от най-напрегната повърхнина масив се разделя на блокове, на които се изчисляват удържащите и свличащите сили. Отношението на сумата на удържащите и свличащите сили дават коефициента на устойчивост.

За стабилитетни изчисления на откосите на откривните стъпала в рудниците е подходяща изчислителната схема на Г.Л.Фисенко, по метода на алгебрично сумиране на сили по най-напрегната повърхнина.

$$\eta = \frac{\sum_1^n P_i \cos \omega_i \tan \varphi_i + \sum_1^n c_i l_i}{\sum_1^n P_i \sin \omega_i} \quad (\text{формула 1})$$

P_i - тегло на елементарния блок), t ;

c_i - кохезия на отделния слой, $[10^4 \text{ Pa}]$;

ω - ъгъл на залягане на скалите, град. Има знак (+) при наклон към рудника и знак (-) при наклон към масива

φ^o - ъгъл на вътрешното триене

При гранично равновесие коефициента на устойчивост следва да бъде равен на единица.

Във свързани скали срязването може да настъпи, когато напреженията в тях достигнат определена величина, която зависи от кохезията и ъгъла на вътрешно триене.

Според теорията на пределното равновесие площадките на срязване възникват при напрежения по-малки от $\sigma_1 = \sigma_0 = 2c \cot \epsilon$, като се достига дълбочина $H_{90} = \frac{\sigma_0 = 2c}{\gamma} \cot \epsilon$. Тази дълбочина на откъсване, до която разрушаването на скалите се дължи на опънни напрежения се отчита при определяне възможната максималната вертикална височина на откоса.

2.1.2 Изчислителна схема за откоси с почти хоризонтална слаба прослойка в масива

При стъпала с хоризонтална или почти хоризонтално залягане на слаба прослойка, отслабени контакти или готова повърхнина стабилитетните изчисления се извършват по схема с активна призма на активен натиск и блок пред нея. При излизането на прослойката или повърхнината на откоса на стъпалото, се използва същата схема, но изчисленията се отнасят за частта на стъпалото, която се намира над слабата прослойка или готовата повърхнина. За хоризонталната част на плъзгателната повърхнина се използват кохезията повърхнината на структурния дефект(с) и ъгъла на вътрешно триене (φ). Съпротивлението на срязване на масива над нея е съответно S и φ .

Уравнението за изчисляване на устойчивостта е следната:

$$\eta = \frac{c_0 L + Q \cdot \tan \varphi_0 + Pp + Q \cdot \sin(-\omega)}{E + Q \cdot \sin(+\omega)} \quad (\text{формула 2})$$

Q - тегло на централния блок (между призмата на активен натиск и призмата на упора), t ;



c - кохезия по основата на централния блок- $10^4 Pa$;

φ^o - ъгъл на вътрешното триене по плъзгателната повърхнина в основата на централния блок, град.

ω - ъгъл на залягане на скалите, град. Има знак (+) при наклон към рудника и знак (-) при наклон към масива

E - тласкаща (свличаща) сила на призмата на активен натиск по основата на централния блок- $10^4 Pa$;

P_p - пасивен натиск (отпор) на скалите в призмата на упора;

L -дължина на основата на централния блок, m

Когато стъпалото е изградено от различни литоложки разновидности с нееднакви обемна плътност и показатели за якостните свойства на срязване, то изчислителните показатели за призмата се осредняват.

В случаите когато слабата прослойка или готовата повърхнина минава под нивото на стъпалото, скалите пред петата на стъпалото са подложени на натисково въздействие на свличащите сили. Величината на отпора, оказан от скалите в тази зона, зона на пасивен отпор се определя по известната формула на Кулон.

3. Определяне параметрите на устойчиви откритни стъпала при различни инженерно-геоложки условия

3.1 Откритни стъпала във въгленосното ниво

Стабилитетните изчисления са извършени в съответствие с методите и способите залегнали в „Методическото ръководство за стабилитетни изчисления... /1/.

Имайки предвид досегашните наблюдения и анализ на събрания материал е видно, че в глините разположени над втори въглищен пласт - черни и сивозелени мазни глини съществуват слаби прослойки на различно ниво ориентирани почти хоризонтално. Якостта на сивочерните и сивозелените глини е по-ниска от тази на глинестопесъкливата свита от надвъглищния хоризонт $\varphi=3^o$ и $c=0,06MPa$. Когато съществуват слаби прослойки тази стойности са още по-ниски $\varphi=3^o$ и $c=0,015 MPa$.

Оразмерени с такива, или подобни стойности на якостните показатели стъпалата са с много ниски ъгли и големи заложения и минната механизация не може да ги постигне при височини на забоя по-големи от 8-10м. Затова е потърсена възможност за отработване на тези зони със стъпало и подстъпало в два варианта. Веднъж със стъпало от 6 до 14м височина и подстъпало с височина 5м. и при втория - стъпало с височина 11-17м. и подстъпало 3м. И в двата случая основното стъпало е оразмерено със стойности на якостни показатели $\varphi=7^o$ и $c=0,015 MPa$. по метода на кръговоцилиндрична повърхнина само за себе си. Освен това чрез призма на активен и пасивен отпор са направени разчети, когато плъзгателната повърхнина е разположена в сивочерните надвъглищни глини под основата на стъпалото. Резултатите от извършените изчисления са представени графично на фиг-1

3.2 Откритни стъпала в ненарушен масив от разнородни глини и пясъци

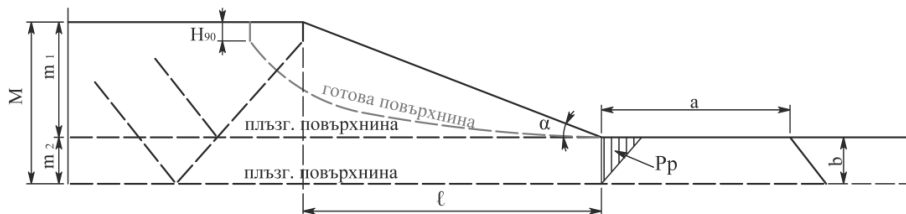
В анализа и оценката на инженерно-геоложките условия бе посочено, че пясъците се срещат в най-различни форми и нива сред глините в стъпалата. Разграничават се главно три случая: пясъци в горната част на стъпалото, средната и долната.

И в трите случая се определя зависимостите - $\alpha=f(H)$ и за да се види влиянието на пясъка върху параметрите на стъпалото в един диапазон от 8 до 21-22м. е необходимо при конкретната височина да се варира с мощността на пясъка. Например в стъпало от 10м. е необходимо да се направят стабилитетни изчисления при 4-5 различни мощности на пясъка.

Като се има пред вид и това, че пясъкът не е дефиниран т.е. не се знае заглинен ли е, споен ли е, колко а от там и стойностите на якостните показатели, става ясно, че този въпрос е доста сложен. Затова в настоящия материал сме свели вариантите за изчисления до:

- пясък в горнището на стъпалото: мощност на пясъка до 9м. за различни височини на стъпалото;
 - пясък в средата на стъпалото: мощност на пясъка до 7м. за различни височини на стъпалото;
 - пясък равномерно разпределен в стъпалото (алтернация на пясък и глина)
- Стойностите на якостните показатели за глините са, а за пясъка $\varphi=30^\circ$ и $c=0$ МПа. Резултатите от изчисленията са показана на фиг-2

Схема и графики $\alpha, \ell = f(M, m_1)$

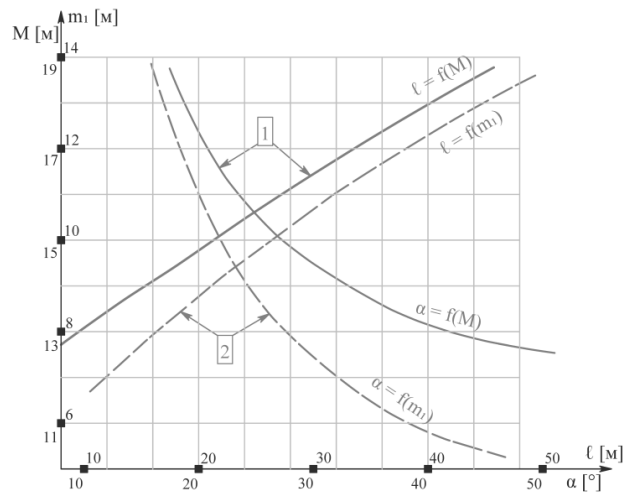


Приети условия:

- Стъпалото и подстъпалото се оформят в синьозелени глин
- Свойствата в стъпалото и подстъпалото са за по готови повърхнини на свличане:
 $\gamma = 1,9 \text{ т/м}^3$; $c = 0.015 \text{ МПа}$; $\varphi = 7^\circ$
- По основа своствата са за плъзгателна повърхнина в сивочерни надвъглищни глин:
 $c = 0.015 \text{ МПа}$; $\varphi = 3^\circ$
- Зависимост между ширината (a) и височината (b) на подстъпалото:
 $a = 30\text{м.} \rightarrow b = 5\text{м.}; a = 15\text{м.} \rightarrow b = 3\text{м.}$

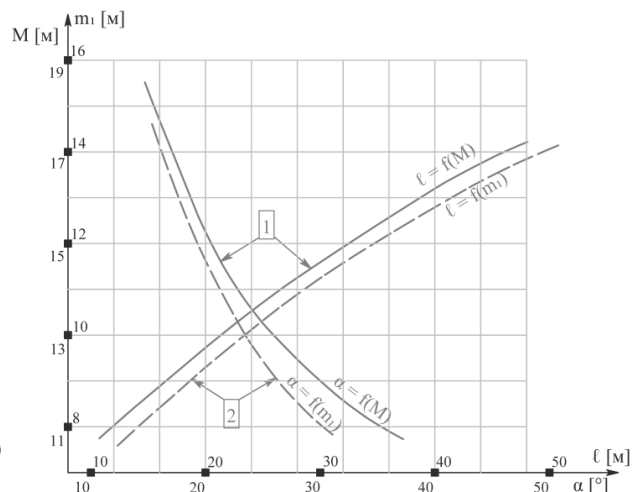
**Височина на стъпалото от 6м. до 14м.
и височина на подстъпалото 5м. -const.**

1. $\alpha, \ell = f(M)$ - с призма на активен земен натиск в M и с Pp
2. $\alpha, \ell = f(m_1)$ - по кръгово цилиндрична повърхнина само за стъпалото m_1 (по-неблагоприятна от схема с призма в стъпалото)



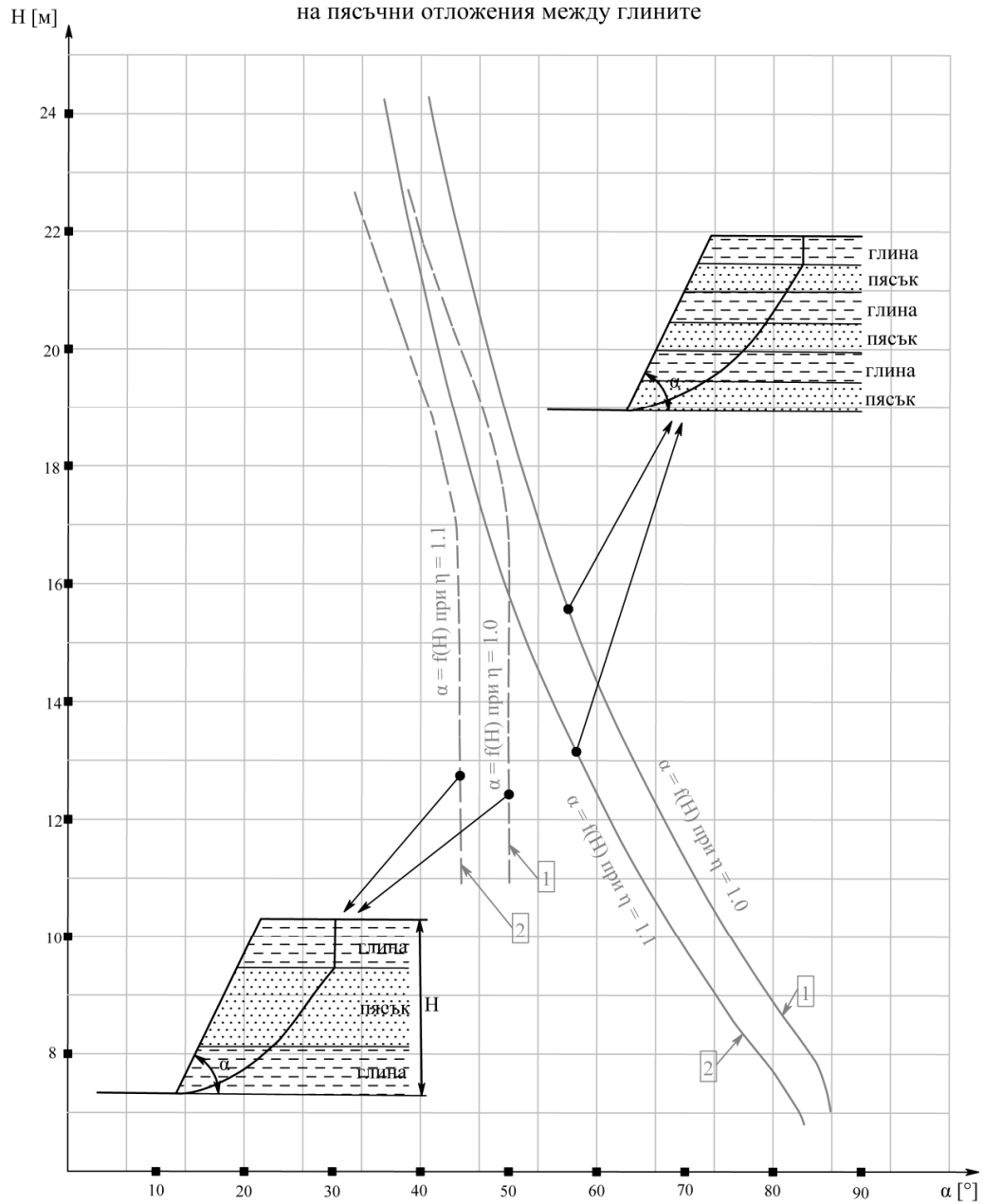
**Височина на стъпалото от 11м. до 17м.
и височина на подстъпалото 3м. -const.**

1. $\alpha, \ell = f(M)$ - с призма на активен земен натиск в M и Pp
2. $\alpha, \ell = f(m_1)$ - по кръгово цилиндрична повърхнина само за стъпалото (по-неблагоприятна от схема с призма в m_1)



фиг-1

Зависимост между височината и ъгълът наоткоса
на стъпала при обработване на масив с присъствие
на пясъчни отложения между глините

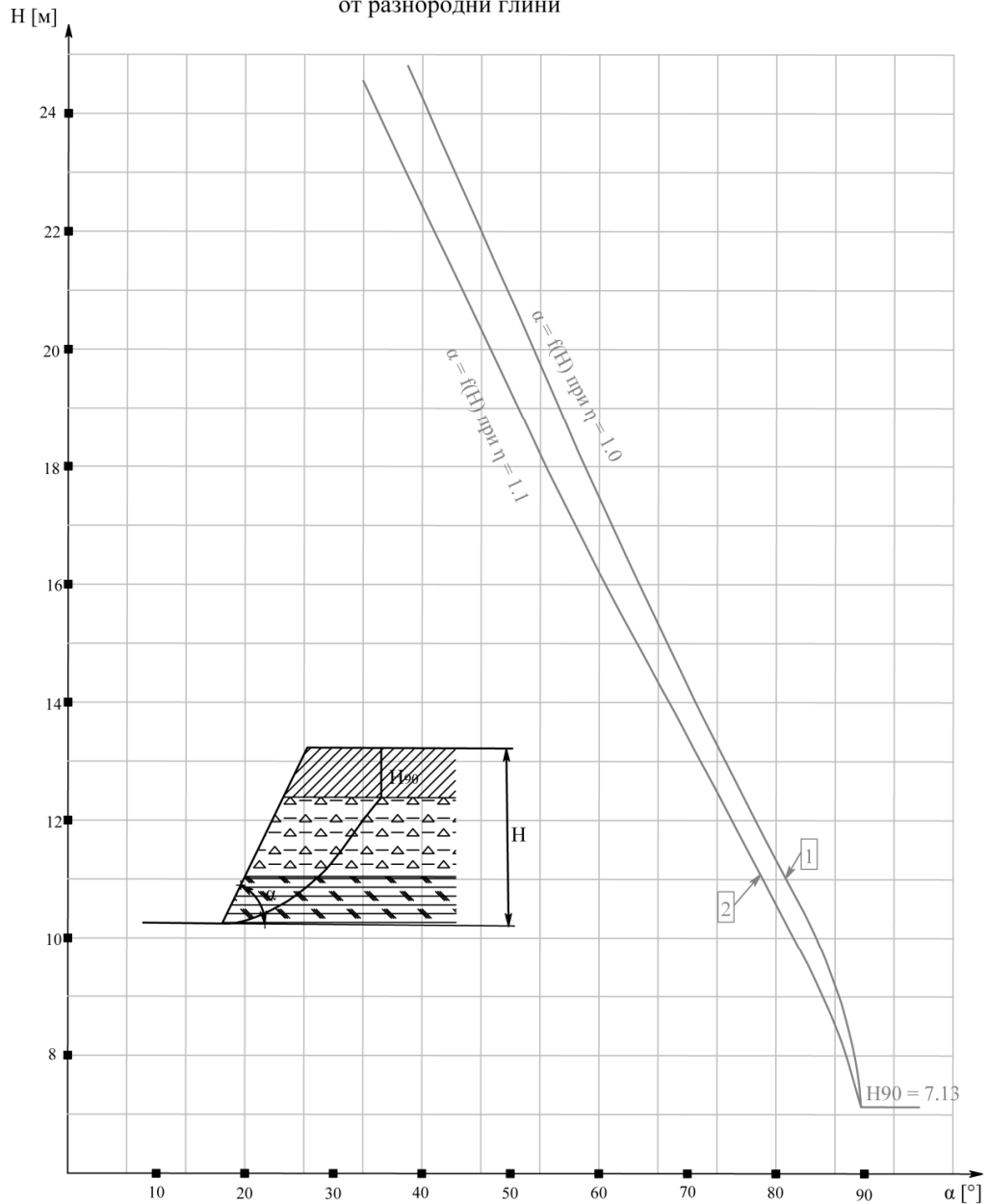


При равномерно участие на пясъци и глинни

Височина на стъпало H [m]	8	10	12	14	16	18	20	22	24
1 Ъгъл на откоса α при $\eta = 1.0$	85 °	76 °	68 °	61 °	56 °	52 °	48 °	44 °	41 °
2 Ъгъл на откоса α при $\eta = 1.1$	79 °	70 °	62 °	55 °	50 °	46 °	42 °	39 °	36 °

фиг-2

Зависимост между височината и ъгълът на откоса
на стъпала при отработване на ненарушен масив
от разнородни глини



Височина на стъпало H [m]	8	10	12	14	16	18	20	22	24
1 Ъгъл на откоса α при $\eta = 1.0$	89 °	85 °	78 °	72 °	65 °	59 °	53 °	47 °	41 °
2 Ъгъл на откоса α при $\eta = 1.1$	88°30'	82°15'	75°45'	67°45'	60°30'	53°45'	47°30'	42 °	36 °

фиг-3



3.3 Откривни стъпала в ненарушен масив от разнородни глини

Изчисленията за този случай се отнасят за стъпала ,изградени от втори откривен хоризонт нагоре. Както бе казано по -горе те са оформят в разнородни глини: пясъчливи, мазни, варовитизирани. Техните якостни показатели (φ^0 и c) са близки и затова за оразмеряване на стъпала изградени от няколко разновидности глини са използвани средни якостни показатели $\varphi=7^0$ и $c=0.06$ МПа.

Резултатите за устойчиви стъпала в два варианта -при коефициент на устойчивост $\eta=1.0$ и $\eta=1.1$ са дадени в таблица и графика на фиг-3

Литература:

1. Георгиев, К. И кол. Методическо ръководство за стабилитетни изчисления на работни подсипвани и неподсипвани неработни бордове и откоси на насипищата на рудниците от Източномаришкия басейн. 1981г.
2. Тодорова, М. Анализ и оценка на досегашната работа по изучаване проблема-устойчивостта на откосите в Източномаришките открити рудници и основни насоки за работа в бъдеще.
3. Минпроект. Технологични паспорти за работа на багери Rs-20000 в конкретни минно-геоложки условия на откривните хоризонти. 1993г.