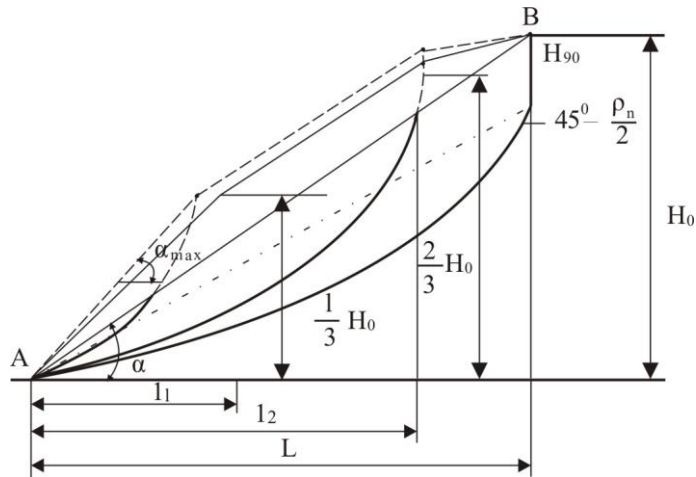


Практичне заняття

Розрахунок стійкості бортів кар'єру

1. Параметри плоского борта при відсутності несприятливо орієнтованих ослаблень



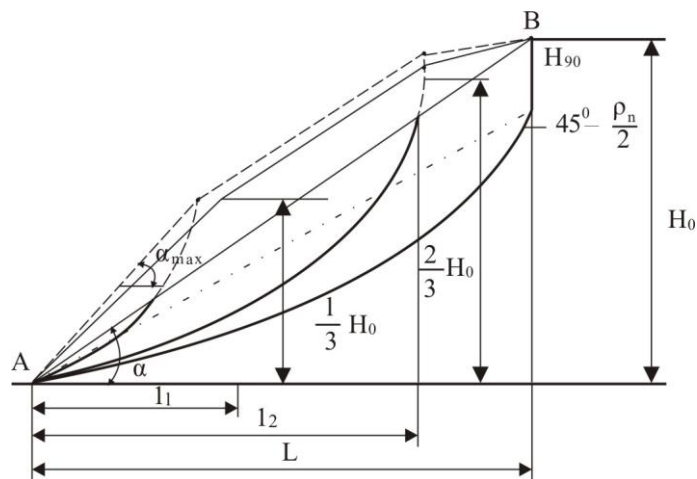
Алгебраїчне додавання сил по круглоциліндричній поверхні ковзання.

Застосовується для визначення кута укосу при відомій його висоті або висоті при відомому його куті, коли в прибортовому масиві або відвалі відсутні поверхні ослаблення, з яким частково або повністю може збігатися поверхня ковзання в граничному напруженому стані борта кар'єру або відвала. Послідовність розрахунку наступна.

Визначається орієнтовне значення кута нахилу борта (укосу, уступу або відвала) по таблиці з довідника. Будують геологічний розріз й орієнтовне положення поверхні ковзання для визначення середньозважених значень міцностних характеристик масиву c й φ_{cp} ; установлюються розрахункові значення міцностних характеристик масиву C_n й φ_n з урахуванням прийнятого коефіцієнта запасу стійкості укосу по таблиці з довідника. За графіком залежності між висотою плоского укосу і його кутом визначають кут нахилу борта (укосу, уступу, відвала) без обліку впливу підземних вод, масових вибухів і т.п.

Графіком користуються в такій послідовності: за розрахунковим значенням C_n , φ_n і γ визначають величину H_{90} . При встановленні кута укосу α при відомій його висоті H обчислюють $H' = \frac{H}{H_{90}}$, а за тим за розрахунковим значенням φ_n на осі абсцис графіка знаходять кут укосу. Щоб визначити висоту укосу H при відомому його куті α , на графіку через точку на осі абсцис, що відповідає значенню заданого кута, проводять ординату до кривої, що відповідає розрахунковому куту внутрішнього тертя φ_n , а на осі ординат визначають умовну висоту укосу H . Потім обчислюють висоту укосу $H = H' \times H_{90}$.

7.2. Розрахунок стійкості бортів опуклого профілю



При відсутності несприятливих поверхонь ослаблення й пластичних порід у основі.

Розрахунок на поздовжню рівновагу по круглоциліндричним або плавним криволінійним поверхням, що перетинається в нижній брівці укосу.

Застосовується для визначення параметрів укосів опуклого профілю при відсутності поверхонь ослаблення в прибортовому масиві гірських порід і наявності міцної основи відвалів рихлих порід.

Параметри борта кар'єру або відвала опуклого профілю встановлюються за допомогою графіка граничних обрисів укосів опуклого профілю (довідник). Обчислюють величину H_{90} по розрахункових характеристиках C_n , φ_n , γ . Визначають для повної висоти борта (або відвала) H , а також для $\frac{1}{3}H$ й $\frac{2}{3}H$ умовні значення висот $H' = \frac{H}{H_{90}}$, $h' = \frac{H}{3H_{90}}$ і $h'' = \frac{2H}{3H_{90}}$, потім з використанням обчислених висот і розрахункового кута внутрішнього тертя визначають за графіком умовні значення закладень укосу L' , ℓ' , ℓ'' і їхні дійсні значення $L = L' \times H_{90}$, $\ell = \ell' \times H_{90}$, $\ell = \ell'' \times H_{90}$. Відбудовують за дійсним значенням закладень укосу опуклий профіль борта або відвала, що потім коректують.

Корегування опуклого профілю борта або відвала полягає в наступному: нижню частину борта висотою $\frac{1}{3}H$ приймають плоскою з максимальним технічно можливим кутом, що не перевищує граничного значення кута цієї ж висоти; середню частину висотою $\frac{1}{3}H$ завідкашують під кутом, рівним загальному куту нахилу борта кар'єру або відвала, а верхню частину $\frac{1}{3}H$ – по лінії, що з'єднує верхню брівку укосу з відбудованою брівкою на висот $\frac{2}{3}H$. Для побудованого борта кар'єру або відвала практикують перевірочний розрахунок стійкості укосу по ряду розрахункових поверхонь ковзання АВ, АС, АД круглициліндричної форми, які будують спрощеним способом. Для цього через точку D' (E' або F) на глибині H_{90} від верхньої площадки укосу під кутом $\varepsilon = 45^\circ - \frac{\varphi}{2}$ до вертикалі проводяться лінії $D'O$ або інші точки їй паралельні, дотичні до поверхонь ковзання. Цю точку з'єднують прямою з нижньою брівкою (точка A) і на отриманій хорді будують рівнобедрені трикутники, бічні сторони яких перпендикулярні дотичним і служать радіусами поверхонь ковзання. У результаті розрахунку методом алгебраїчного додавання сил встановлюється

найбільш напружена поверхня ковзання, по якій коефіцієнт запасу має мінімальне значення.

У розрахунках стійкості відвалів з опуклим профілем використовують метод алгебраїчного додавання сил по монотонній криволінійній поверхні ковзання, визначаючи утримуючі й дотичні, що зрушують, напруги.

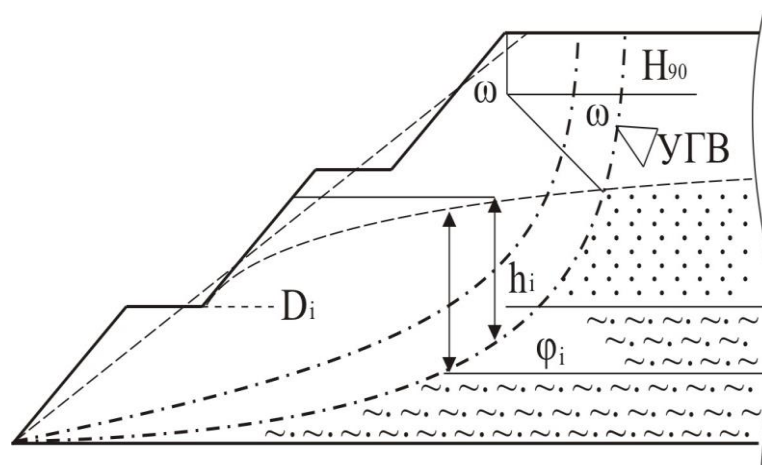
Орієнтовна гранична висота відвала скельних порід на слабкій основі визначається по формулі:

$$H_{np} = 5,14 \frac{\tau}{\gamma}$$

де τ – розрахункова характеристика опору зрушенню гірських порід, МПа;

γ – питома вага гірських порід основи, Н/м³, що потім уточнюється перевірочними розрахунками стійкості укосів.

2. Борт складений обводненими рихлими породами



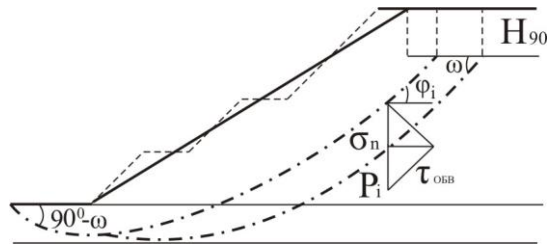
Алгебраїчне додавання сил по плавній криволінійній поверхні.

Умови стійкості

$$\frac{\sum \tau_{y\partial}}{\sum \tau_{cd\partial}} = 1$$

Застосовується, коли укоси обводнені й у основі залягають більше слабкі породи, чим вищезалягаючі.

У основі борта або відвала залягає шар пластичних глин

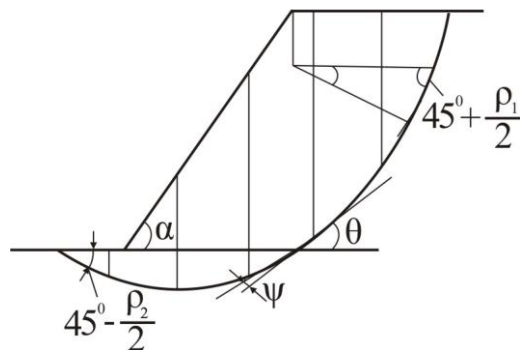


$\tau_{\text{обв}} = f(\sigma_n)$ – за графіком опору зрушенню.

$$\sigma_n = h_i \times \gamma \times \cos^2 \alpha_i - D_i$$

7.5. Борт складений обводненими рихлими породами і в основі його залягає шар пластичних глин

Проводять ряд розрахункових поверхонь, і вибирається найбільш напружена поверхня ковзання, коефіцієнт запасу стійкості по ній $\min$ або будується поверхня ковзання за схемою



Угорі $45^\circ + \frac{\rho}{2}$; – перетинає слабкий шар під кутом θ

$$\theta = \frac{\pi}{4} \pm \frac{1}{2} \times (\rho_n - \rho'_n) - \frac{1}{2} \arcsin\left(\frac{\sin \rho'_n}{\sin \rho_n}\right)$$

$$\text{Кут зламу } \psi = \frac{\rho_1 - \rho_2}{2}$$

ρ_1 – у в. т. більше міцних вищезалягаючих порід;

ρ_2 – у в. т. більше слабких порід.

Коефіцієнт запасу стійкості визначається методом підсумку $F_{сдв}$ й $F_{зр}$, що діють по найбільш напруженій поверхні ковзання.

Можна робити розрахунок також методом алгебраїчного додавання сил по найбільш напруженій поверхні ковзання по загальному опорі зрушенню без поділу на сили тертя й сили зчеплення.

1) в і-м стовбці визначають τ_c й σ_n .

$$\sigma_n = h_i \times \gamma \times \cos \varphi_i^2;$$

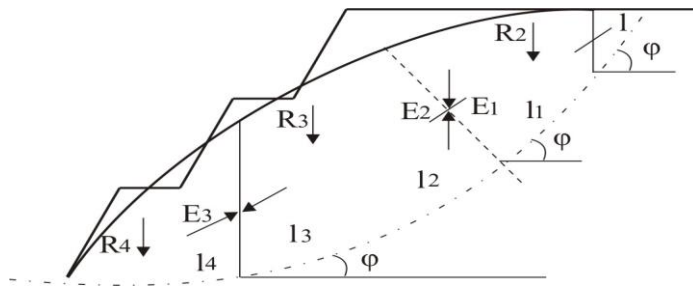
$$\tau_c = \frac{1}{2} \times h_i \times \gamma \times \sin 2\varphi_i$$

2) розрахункова поверхня ковзання розгортається в пряму лінію горизонтальну й у кожній відзначеній точці по осі ординат відкладаються відрізки, що відповідають дотичному напруженню τ_c , кінці з'єднуються плавною лінією. Площа обмежена цією лінією й віссю абсцис $\rightarrow$ сумі сил, що зрушують, діючих по розрахунковій поверхні ковзання.

3) По паспорту міцних порід при відповідності σ_n визначаються опори зрушенню τ_y , і їхня величина відкладається на осі ординат, з'єднаною плавною лінією $\rightarrow$ сумі $F_{зр}$.

$$\frac{\sum \tau_y}{\sum \tau_c} = n$$

Борт має несприятливі орієнтовані площини ослаблення



Поверхня ковзання проходить по цих площинах ослаблення.

Розрахунок виробляється методом багатокутника сил.

$$\ell_m = \frac{E_{m-1} \times \sin \theta \times (\operatorname{ctg} \theta - \operatorname{tg} \rho'_n)}{k'_n + \frac{1}{2} h \times \gamma \times \cos^2 \varphi_m \times (\operatorname{tg} \rho'_n - \operatorname{tg} \varphi_m)}$$

де E_{m-1} – реакція суміжного (передостаннього) блоку;

$\theta = \varphi_{m-1} - \varphi_m$ – кут зламу розрахункової поверхні ковзання (різниця кутів нахилу, площадок ковзання, що є основами блоків;

h – висота грані, що відокремлює останній блок.

Борта у вигляді синклінальних складок



Поверхня ковзання визначається перевірочними розрахунками по ряду розрахункових поверхонь.

Вона може проходити:

а) по найбільш слабких контактах шарів.

б) частково по контактах шарів і частково по можливих поверхнях ослаблення.

в) по тріщинам поперек шаруватості не збігаючись із поверхнею ослаблення.

Умова стійкості $\sum \tau_i \leq C_n L + tg\rho'_n \sum N_i$.