

## **МЕТОДИ ВИВЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ МІЦНОСТІ ҐРУНТІВ ПРИ ОЦІНЮВАННІ СТІЙКОСТІ СХИЛІВ**

Біда С.В., Великодний Ю.Й., Ягольник А.М.

Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка  
м. Полтава, Україна

**АНОТАЦІЯ:** Розглянуті методи вивчення питомого структурного зчеплення та кута внутрішнього тертя, що використовуються при оцінці стійкості схилів та визначенні зсувних тисків на утримуючі споруди.

**АННОТАЦИЯ:** Рассмотрены методы изучения удельного структурного сцепления и угла внутреннего трения, которые используются при оценке устойчивости склонов и определении оползневого давления на удерживающие сооружения.

**ABSTRACT:** We have considered the methods of studying structural specific cohesion and the drained angle of internal friction, which are used in estimating the slope stability and determining the soil slip's pressure on retaining constructions.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** питоме структурне зчеплення, кут внутрішнього тертя, поверхня ковзання, зсувний тиск, утримуючі споруди.

### **ВСТУП**

При вирішенні практичних задач, пов'язаних зі стійкістю ґрунтового масиву, основну увагу необхідно приділяти правильному визначенню механічних характеристик ґрунтів. Лише у цьому випадку можна вірно визначити максимальне допустиме навантаження на масив ґрунту, при якому він зберігатиме рівновагу та не втратить стійкість. Порушення рівноваги масиву ґрунту може привести до значних деформацій фундаментів будівель і споруд, випірання ґрунту з-під фундаментів, сповзання ґрунтів по схилу тощо [1-3].

З цієї точки зору досить цікавою була ситуація, що склалася в період інтенсивного розвитку зсувних процесів в Україні у кінці 90-х років

минулого століття. За розрахунками, виконаними на основі результатів інженерно-геологічних вишукувань, стійкість схилів у багатьох випадках була забезпечена (коефіцієнт стійкості знаходився в межах 1,2...1,5 і вище), але насправді на схилах ішов інтенсивний розвиток зсувних явищ. Виникло питання у відповідності розрахункових характеристик дійсним.

Проблема визначення достовірних характеристик міцності ґрунтів при визначенні стійкості схилів і на даний момент залишається доволі актуальною. Діючі нормативні документи регламентують визначення характеристик міцності ґрунту в польових і лабораторних умовах. Для цього використовуються випробування ґрунтів як на одноплосинне зрушення, так і випробування при складному напруженому стані, а також використання методу обертального зрізу [4] тощо. Однак найбільш актуальною залишається проблема відповідності умов проведення дослідів умовам, у яких ґрунт перебуває в природному стані.

Нормами регламентується проведення випробувань на зрушення за двома схемами – консолидовано-дренованого та неконсолідовано-недренованого випробування. Перед проведенням випробувань проводять попереднє ущільнення ґрунтів при різних вертикальних тисках. В залежності від схеми випробування та стану ґрунту значення тисків коливається в межах 0,05...0,30 МПа. Однак ці значення вертикального тиску часто перевищують природний тиск на ґрунт, що приводить до ущільнення ґрунту і отримання завищених результатів. В результаті після попереднього ущільнення ґрунт, який у природному стані набував текучої консистенції при замоканні, може досягти лише текучопластичного стану (а в деяких випадках – лише м'якопластичного). Таким чином, ми свідомо зміцнюємо ґрунт перед випробуванням вертикальним навантаженням, яке перевищує природне.

М. Денисов [5], М. Маслов [6] та інші виділили із загального зчеплення, яке визначає міцність ґрунту, дві складові – структурне зчеплення та зчеплення зв'язності. Міцність лесових порід зумовлена впливом обох видів зчеплення, однак їх значення різне. Основне значення має структурне зчеплення. Структурне зчеплення надає породі певну жорсткість, твердість. Структурні зв'язки мають в певній мірі пружний характер, який визначає ступінь деформування порід та їх щільність. Однак при порушенні структури породи чи ґрунту жорсткі структурні зв'язки безповоротно порушуються. Ця властивість структурного зчеплення являється головною. Зчеплення зв'язності властиве глинистим та лесовим породам в будь-якій консистенції та в основному воно визначає їх міцність. Зчеплення зв'язності має трохи інших характер, ніж структурне зчеплення. У лесових супісках та легких суглинках зв'язність має невелике значення і залежить від щільності ґрунту. При визначенні характеристик міцності ґрунтів на зсувних і зсувонебезпечних схилах необхідно розро-

бити метод обробки результатів випробування ґрунтів на зрушення, який би давав можливість визначати обидві складові зчеплення.

Однією з основних причин виникнення зсувів є вихід ґрунтових вод на схил, особливо при наявності улоговини у покрівлі водотривкого шару [7 - 11]. У місці виходу вод відбувається перезволоження ґрунту, розвивається механічна і хімічна суфозія що, в свою чергу призводить до зменшення характеристик міцності лесового ґрунту.

Сучасні методи визначення характеристик міцності ґрунту не дають можливості визначити їх у специфічних умовах зсувів, особливо в умовах насичення ґрунтів водою. Тому необхідно мати апарат, що дозволив би уточнити значення цих характеристик, що, в свою чергу, дозволить більш точно визначити найбільш імовірне положення поверхні ковзання та оцінити величину зсувного тиску.

**Метою** цих досліджень було порівняння та вибір методики визначення характеристик міцності ґрунту, що відповідають його природному стану та порівняння їх з характеристиками, отриманими за стандартними методиками. Для отримання таких значень необхідно також правильно вибрати методику обробки результатів дослідів. Це дозволить з більшою точністю оцінити стійкість схилу та запроєктувати протизсувні споруди з необхідною надійністю.

## ОСНОВНІ МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для визначення стійкості схилів необхідно вивчати фізико-механічні властивості ґрунтів в умовах максимально наближених до їх стану в масиві. Значення показників міцності – кут внутрішнього тертя  $\varphi_{st}$  та питоме структурне зчеплення  $c_{st}$  глинистих ґрунтів відіграють головну роль при оцінці стійкості схилів і визначенні тисків на утримуючі споруди.

Пропонується розглянути кілька методів вивчення показників міцності ґрунтів на лабораторних та стендових приборах.

1. За результатами одноплощинного зрушення.
2. На основі рівнянь взаємозв'язку між показниками фізико-механічних характеристик ґрунтів непорушеної і порушеної структури.
3. За різницею між питомим опором зрізу ґрунту непорушеної структури та питомим опором ґрунту, який випробувано за способом повторного зрізу.
4. Уточнення значень питомого структурного зчеплення та кута внутрішнього тертя «зворотним» методом.

*Визначення питомого структурного та довготривалого зчеплення за результатами одноплощинного зрушення.* Суть методу полягає у випробуванні зразків ґрунту в одноплощинних зрізних приладах з фіксованою площиною зрізу шляхом горизонтального зсування однієї частини зразка

відносно іншої при одночасному прикладанні на зразок навантаження, нормального до площини зрізу. Для визначення  $c_{st}$  та  $\varphi_{st}$  необхідно провести не менше трьох випробувань при різних значеннях нормального тиску. Максимальне значення не повинно перевищувати величину тиску, який діє на зразок у природному стані на глибині відбору від товщі ґрунту, що знаходяться вище. Інші тиски зменшуються ступенями по 0,025 МПа або по 0,05 МПа.

Не допускається випробувати ґрунти, що видавлюються в процесі дослідження в зазор між рухомою і нерухомою частинами зрізної коробки.

Для випробувань використовують зразки ґрунту непорушеної та порушеної структури. При цьому просадочні ґрунти випробовуються у водонасиченому стані, а набухаючі – при природній вологості.

В окремих випадках межа структурного опору  $\tau_{st}$  може визначатись для просадочного ґрунту при природній вологості чи при вологості на межі розкочування, якщо остання перевищує природну; для засоленого – на зразках попередньо вилуженого ґрунту після стабілізації суфозійного осідання при природному тиску; для набухаючих ґрунтів – в умовах повного водонасичення після стабілізації вільного набухання або набухання при заданому нормальному тиску.

Горизонтальне навантаження передають ступенями величиною 1/10 від нормального навантаження до руйнування зразка. Кожну ступінь горизонтального навантаження витримують одну хвилину. Випробування слід вважати закінченим, якщо під час прикладання чергового ступеня дотичного навантаження відбувається швидкий зріз однієї частини зразка відносно іншої, чи загальна деформація зрізу починає перевищувати 5 мм.

За вимірними в процесі випробувань значеннями деформацій зрізу  $\ell$ , що відповідають різним напруженням  $\tau$ , будують графік у логарифмічних координатах  $\ell = f(\tau)$  (рис. 1).

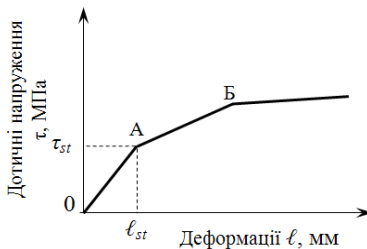


Рис. 1. Графік залежності деформацій  $\ell$  від дотичних напружень  $\tau$  у логарифмічних координатах

За графіками встановлюють величину структурного опору  $\tau_{st}$  як першу точку перелому прямих, проведених через експериментальні точки.

Здійснюють оцінювання розкиду експериментальних даних. Для цього визначають середні значення  $\tau_{cp}$  для кожного нормального тиску і підраховують відносні величини:

$$v_i = \frac{\tau_i}{\tau_{cp}}. \quad (1)$$

Далі підраховується середня величина

$$v_n = \frac{1}{n} \sum_1^n v_i. \quad (2)$$

Визначається середнє квадратичне відхилення

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_1^n (v_n - v_i)^2}. \quad (3)$$

Перевірка необхідності виключення помилок проводиться з умови

$$|v_n - v_i| < \sigma_n \cdot \gamma, \quad (4)$$

де  $\gamma$  – статистичний коефіцієнт, який приймається за нормами. Якщо  $|v_n - v_i| < \sigma_n \cdot \gamma$ , то виключають відповідне значення опору зрізу.

Питоме структурне зчеплення  $c_{st}$  та кут внутрішнього тертя  $\varphi$  визначаються як параметри лінійної залежності:

$$\tau_{st} = \sigma \cdot tg \varphi_{st} + c_{st}. \quad (5)$$

Визначення значень питомого структурного зчеплення  $c_{st}$  і кута внутрішнього тертя  $\varphi$  виконують за формулами

$$c_{st} = \frac{\sum \tau_i \cdot \sum \sigma_i^2 - \sum \sigma_i \cdot \sum \tau_i \sigma_i}{n \sum (\sigma_i)^2 - (\sum \sigma_i)^2}; \quad (6)$$

$$tg \varphi_{st} = \frac{n \sum \tau_i \sigma_i - \sum \tau_i \cdot \sum \sigma_i}{n \sum (\sigma_i)^2 - (\sum \sigma_i)^2}, \quad (7)$$

де  $\tau_i$  – дослідні значення структурного опору зрізу при різних значеннях  $\sigma_i$ ;

$n$  – кількість випробувань.

## **МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ НА ОСНОВІ РІВНЯНЬ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ МІЖ ПОКАЗНИКАМИ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТІВ НЕПОРУШЕНОЇ І ПОРУШЕНОЇ СТРУКТУРИ**

Метод полягає у випробуванні ґрунту на зразках непорушеної структури та спеціально виготовлених зразках порушеної структури.

За виміряними в процесі випробувань значеннями деформацій зрушення  $\ell$ , будують графік їх залежності від дотичних напружень  $\tau$  у логарифмічних координатах  $\ell=f(\tau)$  (рис. 2). За графіком встановлюють величину довготривалого опору  $\tau_{lim}$  як другу точку перелому прямих, проведених через експериментальні точки.

Встановлюють взаємозв'язок між показниками фізичних властивостей та довготривалого опору як порушеної, так і непорушеної структури  $\log\tau_{lim}=f(e)$ .

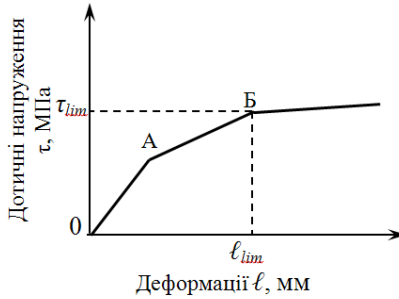


Рис. 2. Графік залежності деформацій  $\ell$  від дотичних напружень  $\tau$  у логарифмічних координатах

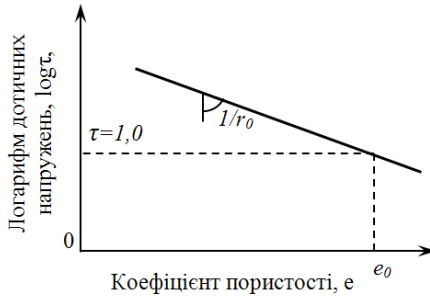


Рис. 3. Графік взаємозв'язку  $\log\tau=f(e)$

Рівняння взаємозв'язку між довготривалим опором зрізу і коефіцієнтом пористості має вигляд

$$e_i = e_0 - \frac{1}{r_0} \cdot \log \frac{\tau_i}{\tau_0}. \quad (8)$$

Графік взаємозв'язку наведено на рис. 3.

Величину питомого структурного зчеплення  $c_{st}$  визначають як різницю між опорами зрізу зразків непорушеної  $\tau_n$  та порушеної структури

$\tau_n$ , які визначають за рівняннями або графіками взаємозв'язку для заданого коефіцієнта пористості,

$$c_{st} = \tau_n - \tau_n. \quad (9)$$

## МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЗА РІЗНИЦЕЮ МІЖ ПИТОМИМ ОПОРОМ ЗРІЗУ ҐРУНТУ НЕПОРУШЕНОЇ СТРУКТУРИ ТА ПИТОМИМ ОПОРОМ ҐРУНТУ, ЯКИЙ ВИПРОБУВАНО ЗА СПОСОБОМ ПОВТОРНОГО ЗРІЗУ

Суть методу полягає у випробуванні ґрунту на зразках непорушеної структури і визначення довготривалого питомого опору  $\tau_{lim}$  за рекомендаціями «На основі рівнянь взаємозв'язку між показниками фізико-механічних характеристик ґрунтів непорушеної і порушеної структури». Після випробування зразка непорушеної структури він розрізається по площині зрізу, площини зрізу обох половинок зразка ретельно зачищаються, змочуються водою, половинки з'єднуються між собою і випробування повторюється. В обох випадках випробування проводяться при нормальному тиску, рівному значенню природного тиску на глибині відбору зразка ґрунту.

Величину питомого структурного зчеплення  $c_{st}$  визначають як різницю між опорами зрушенню зразків непорушеної структури ( $\tau_n$ ) та опору зрушенню по підготовленій поверхні ( $\tau_n$ ). Для отримання достовірних результатів рекомендується проводити не менше шести дослідів з подальшою статистичною обробкою та визначенням:

- нормативного значення структурного зчеплення

$$c_{st} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_{ist}; \quad (10)$$

- середньоквадратичного відхилення

$$\sigma_{cst} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (c_{st} - c_{ist})^2}; \quad (11)$$

- помилкових значень структурного зчеплення

$$|c_{st} - c_{ist}| > v \cdot \sigma_{cst}, \quad (12)$$

де  $v$  – статистичний критерій, що приймається за нормами. Якщо умова (12) виконується, то виключають відповідне значення структурного зчеплення;

- за необхідності визначають нове значення середньоквадратичного відхилення за формулою (10);

- визначають коефіцієнт варіації

$$V = \sigma_{cst} / c_{cst}; \quad (13)$$

- знаходять значення показника точності

$$\rho_{\alpha} = \frac{t_{\alpha} V}{\sqrt{n}}, \quad (14)$$

де  $t_{\alpha}$  – коефіцієнт, що приймається за ДСТУ Б В.2.1-5-96 залежно від заданої однієї довірчої ймовірності  $\alpha$  та числа ступенів свободи  $K=n-1$ .

- коефіцієнт надійності визначають за формулою:

$$\gamma_g = \frac{1}{1 - \rho_{\alpha}}; \quad (15)$$

- визначають розрахункове значення структурного зчеплення

$$c_{st} = c_{cst} / \gamma_g. \quad (16)$$

## УТОЧНЕННЯ ПИТОМОГО СТРУКТУРНОГО ЗЧЕПЛЕННЯ ТА КУТА ВНУТРІШНЬОГО ТЕРТЯ «ЗВОРОТНИМ» МЕТОДОМ

«Зворотний» метод полягає у коригуванні кута внутрішнього тертя  $\varphi_{sti}$  та структурного питомого зчеплення  $c_{sti}$  ґрунтів, встановлених лабораторними випробуваннями шляхом уточнення екстремальної площини ковзання зсуву (рис. 4).

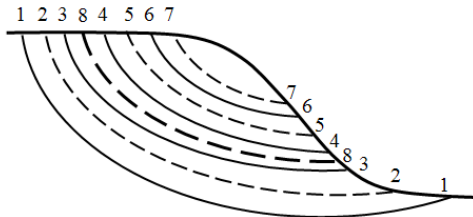


Рис. 4. Принципова схема пошуку найбільш ймовірної поверхні ковзання: 1...7 – ймовірні поверхні ковзання. 8 – екстремальна поверхня ковзання

Положення кожної попередньо призначеної поверхні ковзання уточнюється при побудові ряду інших поверхонь. Уточнення відбувається шляхом зміни положень поверхонь ковзання як за довжиною укусу чи схилу (розташування початку й виходу на поверхню масиву), так і за глибиною кожного шару, що може потенційно зміщуватися.

Кожну поверхню ковзання розбивають на блоки і підраховують їх вагу:

$$Q_i = \gamma_i \ell_i (h_1 + h_2) / 2 \quad (17)$$



У межах кожного блоку діють зсувні зусилля та опір ґрунтового масиву зміщенню (рис. 5.)

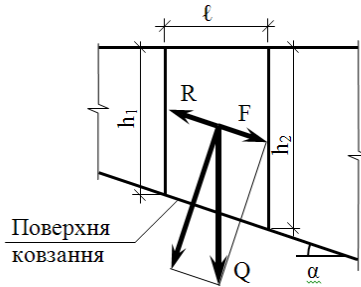


Рис. 5. Розрахункова схема окремого блоку

$$F_i = Q_i \cdot \sin \alpha , \quad (18)$$

$$R_i = Q_i \cdot \cos \alpha_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_{sti} + c_{sti} \cdot \ell_i , \quad (19)$$

де  $\gamma_i$  – питома вага блоку ґрунту;  $\varphi_{sti}$  – кут внутрішнього тертя ґрунту;  $\alpha_i$  – кут нахилу поверхні ковзання.

На зсувонебезпечних схилах опір зміщенню складається з сил тертя та структурного зчеплення. «Зворотним» методом коригується лише кут внутрішнього тертя  $\varphi_{sti}$ , а структурне питоме зчеплення  $c_{sti}$  визначається згідно вимог одного з запропонованих методів. Значення кута внутрішнього тертя  $\operatorname{tg} \varphi_{sti}$  визначають на екстремальній площі ковзання за формулою:

$$\operatorname{tg} \varphi_{sti} = (k_{st} Q_i \cdot \sin \alpha_i - c_{sti} \cdot \ell_i) / (Q_i \cdot \cos \alpha_i) \quad (20)$$

На зсувних схилах в ґрунтах зруйновані жорсткі структурні зв'язки і відсутнє структурне питоме зчеплення  $c_{st}=0$  тому визначається тільки кут внутрішнього тертя з умови

$$Q_i \cdot \sin \alpha_i = Q_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_{sti} \cdot \cos \alpha_i \quad (21)$$

З рівняння (21)  $\operatorname{tg} \alpha_i = \operatorname{tg} \varphi_{sti}$  і  $\alpha_i = \varphi_{sti}$ . Звідси значення уточненого зворотним методом кута внутрішнього тертя не перевищує значення кута нахилу поверхні ковзання  $\varphi \leq \alpha$ .

Якісна оцінка стійкості схилів виконується шляхом підрахунків коефіцієнта стійкості який визначається за виразом (22):

$$k_{st} = R / F , \quad (22)$$

де  $F$  – зсувне зусилля від тиску ґрунтового масиву з урахуванням ваги розміщених у зоні зрушення будників і споруд, гідродинамічного та сейсмічного тисків тощо;  $R$  – опір ґрунтового масиву зміщенню.

На зсувонебезпечних схилах зсувний тиск слід визначати з урахуванням сил тертя та структурного зчеплення ґрунтів, а на зсувних тільки урахуванням сил тертя.

Про якісну оцінку стану схилів свідчить наступне:

- $k_{st} > 1$  схил (укіс) вважається стійким;
- $k_{st} < 1$  відбувається втрата стійкості схилу (укоосу);
- $k_{st} \approx 1$  настає стан граничної рівноваги ґрунтового масиву, що, як правило, призводить до виникнення зсуву.

У результаті аналізу ряду поверхонь ковзання необхідно знайти таке їх положення, при якому виконуються наступні умови:

$$k_{st1} > k_{st2} > k_{st3} > k_{st\min} < k_{st4} < k_{st5} < k_{st6} < k_{st7},$$

де  $k_{st1}, \dots, k_{st7}$  – коефіцієнти стійкості для відповідних поверхонь ковзання.

Мінімальне значення коефіцієнта стійкості  $k_{st\min}$  відповідає екстремальному розташуванню площини ковзання.

Аналіз стану схилів та розрахунків показав, що при однакових значень коефіцієнтів стійкості  $k_s$  можуть бути різні значення зсувних тисків  $E$  які як правило збільшуються з глибиною розташування площини ковзання.

Наприклад для площини ковзання 1-1 (рис. 6)  $F=R=120$  кН,  $k_{st}=1,0$ . Значення зсувного тиску  $E$  при  $k_{sn}$ , що приймається рівним 1,2,  $E=F-R/1,2=120-120/1,2=20$  кПа.

Для площини ковзання 2-2  $F=R=600$  кН,  $k_{st}=1,0$ . Значення зсувного тиску  $E=F-R/1,2=600-600/1,2=100$  кПа.

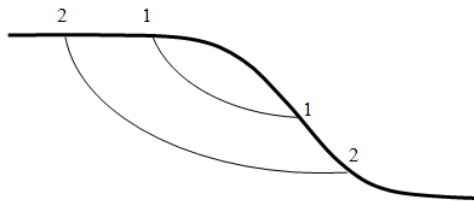


Рис. 6. До визначення зсувного тиску при однаковому значенні коефіцієнта стійкості

Звідси можна зробити висновок, що коефіцієнт стійкості  $k_{st}=R/F$  дає тільки якісну оцінку стійкості схилу і не може бути використаний для «зворотного» методу.

Тому пропонується кількісно оцінювати стан схилу за величинами зсувного тиску  $E$ . Положення екстремальної площини ковзання визначають як найбільш несприятливе у даних інженерно-геологічних умовах з

урахуванням додаткових навантажень. Найбільш небезпечними є ділянки схилу, на яких:

- делювіальні чи елювіальні відклади розташовані на товщі вивітрілих розм'яклих скельних ґрунтів з крутим падінням тріщинуватих порід у бік схилу;

- можливий зсув вивітрілих розм'яклих порід по внутрішніх міжпластових поверхнях у результаті їх зволоження і зниження міцності на контактах напластунів;

- делювіальні, елювіальні відклади чи насипні ґрунти розташовані в улоговинах;

- є ймовірність зміщення всієї товщі ґрунтів по контакту вивітрілої зони та стійких невивітрілих (корінних) порід.

Визначену, за викладеними вимогами і показниками  $\varphi_{st}$  та  $c_{st}$ , площину ковзання наносять на інженерно-геологічний розріз (рис. 7, площина 1-2). Туди ж наносять серію площин ковзання з кутом нахилу  $\alpha_i$  менше від  $\alpha$  на  $1^\circ$ ,  $2^\circ$  та  $3^\circ$  (рис. 7, площини 1-3, 1-4, 1-5, 6-2, 7-2, 8-2)

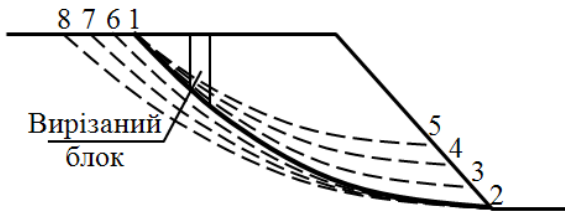


Рис. 7. Принципова схема пошуку найбільш ймовірної поверхні ковзання

Зсувний тиск для кожної площини ковзання визначають при значенні коефіцієнта стійкості  $k_{st}=1,0$  за формулою

$$E = \sum_{i=1}^n F_i - \sum_{i=1}^n R_i / k_{st}, \quad (23)$$

де  $F_i$  – зсувні зусилля;

$R_i$  – утримуючі зусилля.

Для визначення екстремальної поверхні ковзання будується епюра зсувних тисків по площинкам ковзання (рис. 8).

Часто бувають випадки наявності кількох екстремальних поверхонь ковзання. Тоді для кожної екстремальної поверхні ковзання повторюють викладені розрахунки і вибирають найменші значення кута внутрішнього тертя і питомого структурного зчеплення.

Уточнення поверхні ковзання та показників міцності ґрунтів викладеними методами дозволяє проектувати протизсувні споруди з більшою ефективністю.

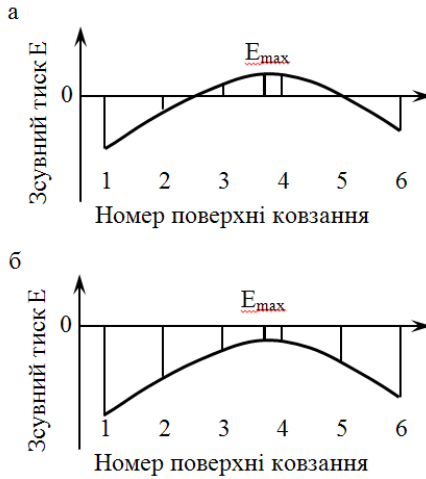


Рис. 8. Епюра зміни зсувних тисків по площинах ковзання:  
*а* – для зсувних схилів; *б* – для зсувонебезпечних схилів

## ВИСНОВКИ

Неоднорідність ґрунтів, анізотропні властивості, зміна властивостей як за глибиною так і у просторі потребують різних методів визначення механічних які б відповідали дійсному стану ґрунтового масиву схилів.

Запропоновані методи випробування ґрунтів на одно площинний зріз та обробки результатів дослідів дозволяють більш достовірно визначати значення питомого структурного зчеплення та кута внутрішнього тертя на площині ковзання зсувів.

При вивченні стійкості схилів випробування ґрунтів на зріз рекомендується проводити при тисках значення яких не перевищують сумарного значення природного та додаткового тиску від споруд. Коефіцієнт стійкості тільки якісно оцінює стан схилів, тому запропоновано кількісно оцінювати стан схилу величиною зсувного тиску  $E$ .

Запропонований «зворотний» метод уточнення показників міцності питомого структурного зчеплення та кут внутрішнього тертя, що дозволить з більшою точністю оцінити стійкість схилу та більш ефективно запроектувати протизсувні споруди.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Демчишин М. Г. Современная динамика склонов на территории Украины (инженерно-геологические аспекты) / М. Г. Демчишин. – К.: Наук. думка, 1992. – 254 с.

2. Краев В. Ф. Инженерно-геологическая характеристика пород лессовой формации Украины / В.Ф. Краев. – К.: Наукова думка, 1971. – 228 с.
3. Великодний Ю.Й. Захист територій від зсувів: навчальний посібник / Ю.Й. Великодний. – Полтава: ТОВ “Поліграфічний центр “Скайтек”, 2006. – 116 с.
4. Ягольник А. М. Визначення структурного зчеплення зв’язного ґрунту методом обертального зрізу / А. М. Ягольник // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. – Вип. 18. – Рівне, 2009. – С. 570-577.
5. Денисов Н. Я. Строительные свойства лесса и лессовидных суглинков / Н. Я. Денисов – М.: Стройиздат, 1953. – 154 с.
6. Маслов Н. Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов / Н. Н. Маслов – М.: Высшая школа, 1982. – 511 с.
7. Особливості розвантаження ґрунтових вод Полтавського плато / [Великодний Ю.Й., Біда С.В., Ягольник А.М. та ін.] // Нагальні питання вирішення проблеми підтоплення ґрунтовими водами територій міст та селищ міського типу // Матер. 2-ї міжнар. наук.-практ. конф. – К.: Знання, 2003. – С. 53 – 56.
8. Великодний Ю. И. Ложбины оползневых склонов Полтавского плато и их разновидности / Ю. И. Великодний, С. В. Беда, А. Н. Ягольник // Строительство, материаловедение, машиностроение // Сб. науч. трудов. - Вып. 50. – Днепропетровск: ПГАСА, 2009. – С. 86-89.
9. Біда С. В. Класифікація улоговин Полтавського лесового плато / С. В. Біда, Ю. Й. Великодний, А. М. Ягольник // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. праць. – Вип. 18. – Рівне, 2009. – С. 548-553.
10. Біда С. В. Особливості виникнення та розвитку зсувних процесів на схилах, складених лесовими відкладами / С. В. Біда, О. В. Куц, К. В. Підрійко // Вісник Дніпропетровського університету. Геологія, географія. - Том 22, № 3/2 (2014). - С. 162-167.
11. Особливості оцінювання стійкості схилів Полтавського лесового плато / [М. Л. Зоценко, Ю. Й. Великодний, О. В. Борт, С. В. Біда] // Будівельні конструкції: зб. наук. праць. – К.: ДП НДІБК, 2008. – Вип. 71. - Кн. 2. – С. 178 – 189.

## REFERENCES

1. Demchyshyn M. G. Modern dynamics of the slopes on the territory of Ukraine (engineering-geological aspects). – Kyiv : Scientific Idea, 1992. – 254 p.
2. Kraev V. F. Engineering-geological characteristics of measures of loessial formation in Ukraine. – Kyiv : Scientific Idea, 1971. – 228 p.
3. Velykodnyj Y. J. Protection of territories against faults: teaching medium. – Poltava : Polygraphic center “Skaytek”, 2006. – 116 p.
4. Yagolnyk A. M. Defining structural strength of cohesive soil by means of revolving cutting. Resource efficient goods, constructions, building and

- structures. Collection of research papers. Number 18. – Rivne, 2009. – Pp. 570-577.
5. Denisov N. Y. Structural properties of loess soil and loess loams. – Moscow, Stroyizdat, 1953. – 154 p.
  6. Maslov N. N. Basic concepts of engineering geology and soil engineering. – Moscow: Higher School, 1982. – 511 p.
  7. Y. J. Velykodnyj, S. V. Bida, A. M. Yagolnyk, B. M. Peter, M. P. Kashlykov. Peculiarities of ground waters' relief at Poltava table land. Urgent issues of dealing with a problem of subsoil waterlogging of urban, semiurban and village territories. Proceedings of the second international research-to-practice conference. – Kyiv: "Knowledge" Publishers, 2003. – Pp.53 – 56.
  8. Velykodnyj Y. J., Bida S. V. , Yagolnyk A. M. Coombes of landslide slopes of Poltava table land and their varieties. Construction engineering, materials and components science, manufacturing engineering. Collection of research papers. Number 50. – Dnepropetrovsk, the publishing house of Prydniprovaska State Academy of Civil Engineering and Architecture, 2009. – Pp. 86-89.
  9. Bida S. V., Velykodnyj Y. J. , Yagolnyk A. M. Classification of coombes of Poltava loessial table land. Resource efficient goods, constructions, building and structures. Collection of research papers. Number 18. – Rivne, 2009. – Pp. 548-553.
  10. Bida S. V., Kucz O. V., Pidrijko K.V. Peculiarities of formation and development of strike-slip processes on the slopes, formed of loessial deposits. The reporter of Dnepropetrovsk university. Geology, geography. Volume 22, № 3/2 (2014). – Pp. 162-167.
  11. Zocenko M. L., Velykodnyj Y.J. , Bort O.V., Bida S.V. Peculiarities of estimating slopes' resistibility of Poltava loessial table land. Engineering structures: inter-institutional research-and-technology collected volume. – Kyiv, NIISK, 2008. – Number 71. Book 2. – P. 178 – 189.

Стаття надійшла до редакції 12.08.2016 р.