

КРУГЛИЦЬКА В.Я. к.т.н, проф., ПАХОМОВА В.М., ФЕДОРОВИЧ С.Р.

Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ

## МЕТОД КОНІЧНОГО ПЛАСТОМЕТРА ДЛЯ АНАЛІЗУ СТРУКТУРОВАНИХ ДИСПЕРСІЙ

В роботі викладено метод отримання роздільних інваріантних значень граничних напружень при стисненні і зсуві для структурованих дисперсних систем за допомогою конічного пластометра.

В работе изложен метод получения отдельных инвариантных значений предельных напряжений при сжатии и сдвиге для структурированных дисперсных систем с помощью конического пластометра.

The paper describes a method of obtaining separate invariant values of limit stresses in compression and shear for structured disperse systems with conical plastometer.

**Ключові слова:** навантаження, напруга зсуву, конічний пластометр, тиксотропні властивості, вісесиметричний штамп

Метод занурення конуса, вперше запропонований П.О. Ребіндером [1], був теоретично обґрунтований М. П. Воларовичем з співробітниками [2], які оцінили поле нормальних і дотичних напружень і вивели формулу для визначення граничної напруги зсуву. Ребіндер рекомендував здійснювати розрахунок констант пластичної міцності за формулою (1):

$$P = K \frac{F}{h^2} \quad (1),$$

де  $K = \frac{1}{\pi} \cdot \cos^2 \frac{\varphi}{2} \cdot \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2}$ , F - прикладене навантаження; h - глибина занурення в момент рівноваги;  $\varphi$  - кут при вершині конуса.

Пластична міцність є сумарним показником як граничних напружень при зсуві  $\Theta$  (надалі - напруга зсуву), так і при стисканні  $\sigma$  (граничний тиск, надалі - напруга при стисканні). Наслідком такого стану є відсутність інваріантності при визначенні граничних напруг (пластичної міцності) за формулою (1) з використанням конусів з різними кутами при вершині. Приймаючи конус як вісесиметричний штамп [2], було уточнено коефіцієнт у формулі (1) для отримання інваріантних значень граничної напруги зсуву. У зазначених роботах розглядаються граничні випадки: малий кут при вершині конуса і досить пластична система - відповідають визначенню пластичної міцності; великий кут при вершині конуса і міцна, крихка структура -

відповідають визначенням граничної напруги стиснення. Треба зазначити, що існуючі методики вимірювань не передбачають роздільну оцінку  $\theta$  і  $\sigma$ . Однак це має важливе значення для визначення тиксотропних властивостей дисперсних систем.

Покажемо, що за допомогою конічного пластометра легко визначаються величини напруги зсуву  $\theta$  і напруги стиснення  $\sigma$  в момент найбільшого занурення конуса  $h$ , тобто настання рівноваги між силами тяжіння і утримуючими силами.

За результатами наших експериментів було показано, що в дисперсіях глинистих мінералів  $\sigma = 2\theta$ . У цьому випадку можна обійтися без значень  $h$  при різних навантаженнях і формула (2) приймає вигляд формули (1) П.О.Рєбіндера:

$$P = K_1 \frac{F}{h^2},$$

(2)

$$\text{де } K_1 = \frac{1}{\pi(2tg^2 \frac{\varphi}{2} + tg \frac{\varphi}{2})}$$

Знайдемо оптимальний кут конуса із умови повного використання несучої здатності випробуваної системи від граничних напруг на стиснення і зсув в момент зависання конуса. Додатковою умовою для такого визначення є значення співвідношення  $\sigma/\theta$ . Приймавши  $\sigma = 2\theta$  і розрахувавши сили, що діють на конус, а також їх рівнодіючу, запишемо:  $\pi h^2 \sigma \cdot tg^2 \frac{\varphi}{2} = \pi h^2 \theta \cdot tg^2 \frac{\varphi}{2}$ . Звідси,  $\frac{\varphi}{2} = 26^{\circ}34'$ , а  $\varphi = 53^{\circ}8'$ .

В таблиці 1 наведено коефіцієнти для розрахунку граничної напруги зсуву, отримані за різними формулами, з якої видно, що при кутах, близьких до оптимальних по використанню повною несучої здатності, величини коефіцієнтів за формулою (2) і обчислені теоретично практично збігаються.

Таблиця – Значення постійних для конусів з різними кутами

Кут при конусі $\varphi$	Значение К		
	За формулою $K_1 = \frac{1}{\pi(2tg^2 \frac{\varphi}{2} + tg \frac{\varphi}{2})}$	За формулою $K = \frac{1}{\pi} \cdot \cos^2 \frac{\varphi}{2} \cdot ctg \frac{\varphi}{2}$	Обчислені графічно із [2]
$30^{\circ}$	0,774	1,109	0,949
$45^{\circ}$	0,420	0,658	0,416
$53^{\circ}8'$	0,3179	0,509	0,320
$60^{\circ}$	0,256	0,415	0,217
$90^{\circ}$	0,106	0,159	-

Методи вищевикладених розрахунків базується на використанні повної несучої здатності дисперсій при будь-яких кутах конуса. Досягнення показниками  $\sigma$  і  $\theta$  своїх граничних значень одночасно в момент найбільшого

занурення конуса (з довільним кутом) можливе, якщо випробувані системи близькі до ідеально пластичним тіл, у яких виявляються пластичні течії з практично незруйнованою структурою. При недотриманні цієї умови показники, отримані на приладі з конусом, будуть некоректними. Тиксотропно зміцнені дисперсії багатьох глин практично можна віднести до ідеально пластичним тіл, тому подальші дослідження пов'язані саме з ними.

### **Список використаних джерел**

1. *Ребиндер П.А.* Физико-химическая механика дисперсных структур. – В кн.: Физико-химическая механика дисперсных структур. – М.: 1966. - С. 3-16.
2. *Гораздовский Т.Я., Ребиндер П.А.* К теории конического пластометра. - Колл. журн., 1970, т. 32, № 4. - С. 512-519.