

## МЕХАНІКА ҐРУНТІВ ТА ФУНДАМЕНТИ

УДК 681.3:624.044:624.15

РОЗРАХУНКОВІ МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ СТУПЕНЯ СТІЙКОСТІ  
ҐРУНТОВИХ МАСИВІВ

А. С. Моргун, О. О. Єжов

*Встановлено коефіцієнт запасу від величини відношення потенційних сил опору до активних сил, що можуть викликати зсувний рух і забезпечує стійкість основи.*

*Установлен коэффициент запаса от величины отношения потенциальных сил сопротивления к активным силам, которые могут вызвать сдвиг и обеспечивает устойчивость основы.*

*Installed safety factor on the ratio of potential resistance to the active forces, which may cause shift and provides a sustainable basis.*

**Вступ**

Для інженерного захисту схилів та ґрунтових масивів від зсувів та обвалів потрібно проводити розрахунки їх стійкості. Нормативні документи пропонують між іншими варіантами і метод традиційних круглоциліндричних поверхонь ковзання. Як відомо, споруди, що сприймають горизонтальні навантаження, перевіряються на зсув по підшві фундаменту і оцінювання стійкості базується на використанні теорії граничної рівноваги, в основі якої лежать поняття критичних сил. Критичні навантаження відповідають максимальній несучій спроможності (стійкості) ґрунтів основи споруд. Навантаження вище критичних викликають випирання ґрунту з-під основи.

**Постановка задачі, визначальні співвідношення.**

Вважають, що при критичних навантаженнях в ґрунті утворюється деяка поверхня ковзання, яка обіймає всю підшву споруди. Форму поверхні ковзання різні автори пропонують різну. Так, для ідеально зв'язного ґрунту – пластичних глин, у яких  $\varphi = 0$ ,  $c \neq 0$  критична сила за Н. А. Цитовичем [3]:

$$P_{кр} = (\pi + 2) \sum_w + \gamma_w h_{заглиблення}, \quad (1)$$

де  $\gamma_w$  – об'ємна вага ґрунту,

$h_{заглиблення}$  – глибина закладання ґрунту,

$\sum_w$  – зчеплення зв'язності.

В практиці проектування найбільш часто звертаються до розрахунку стійкості схилів та відкосів за методом круглоциліндричної поверхні ковзання (якщо відкос складено однорідними ґрунтами).

В основу розрахунку покладено співвідношення утримувальних і зсувних моментів

$$k_{запасу} = \frac{\sum M_{утримуючий}}{\sum M_{зсуву}}, \quad (2)$$

де  $\sum M_{утримуючий}$  – сума моментів сил опору,

$\sum M_{зсуву}$  – сума моментів сил зсуву.

Суть методу – установа мінімального коефіцієнта запасу  $k_{запасу}$  стійкості основи. Для підрахунку моментів сегмент ковзання ABD розбивається на ряд вертикальних призм, ширина яких  $l_i$  вибирається довільно (рис. 1) та визначається їх вага блока  $G_i$ .

В роботі розглянуто визначення стійкості споруди резервуара, яка проектується на горизонтальній поверхні землі та передає на ґрунт по підшві фундаменту навантаження 50000 кН. Резервуар для води поставлено на суцільну плиту розміром в плані 20×20 м. Фундамент планується заглибити на 2 м нижче поверхні землі, він спирається на глину, яка має питому вагу  $\gamma_m = 2 \frac{т}{м^3}$ , кут внутрішнього тертя  $\varphi = 0$ , зчеплення в'язкості глини  $\sum w = 2,5 \frac{т}{м^3}$ , рис. 1.

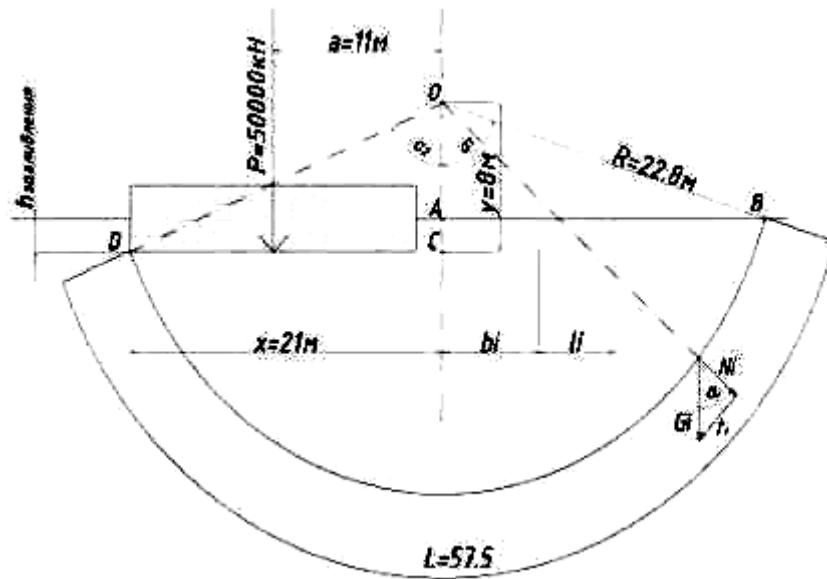


Рис. 1. Розрахункова схема для оцінки ступеня стійкості резервуара, установленого на плиту розмірами 20×20 м

Для визначення коефіцієнта стійкості основи вибрано круглоциліндричну поверхню ковзання. Координати центра обертання найбільш небезпечної кривої ковзання підбирались за графіком Вільсона (рис. 2) [1, 2].

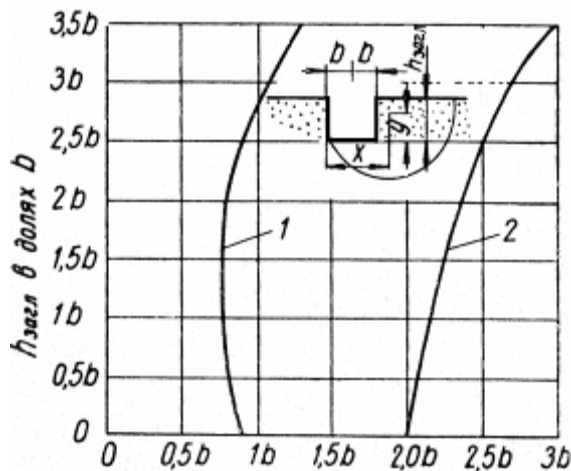


Рис. 2. Діаграма Вільсона для визначення координат “у” (крива 1) і “х” (крива 2) центра обертання O найбільш небезпечної круглоциліндричної поверхні обертання, для якої коефіцієнт запасу  $k_{запасу}$  має найбільше значення

Діаграма Вільсона розроблена для випадку однорідної товщі із пластичних глинистих ґрунтів ( $\varphi = 0$ ) та випадку горизонтальної поверхні землі. Щоб скористатись інформацією на рис. 2 спочатку визначалось, яку частку півширини підосви фундаменту складає його заглиблення:

$$h_{\text{загл.}} = \frac{h_{\text{загл.}}}{b} \cdot b = \frac{2}{10} b = 0,2b. \quad (3)$$

Для  $h_{\text{загл.}} = 0,26$  по графіку на рис. 2 визначаємо координати т. О кривої ковзання:

$$x = 2,1b = 2,1 \times 10 = 21 \text{ м}; \quad y = 0,8b = 0,8 \times 10 = 8 \text{ м}.$$

За знайденими координатами зафіксовано центр обертання О та побудована крива ковзання таким чином, щоб вона обов'язково дотикалась ребра фундаменту в т. D (рис. 1), кута плити. В точці D приймався початок декартової системи координат. Моменти опору і зсуву визначаються відносно центра О дуги ковзання. Графічно радіус круглоциліндричної поверхні ковзання

$$R = 22,8 \text{ м} \quad \text{Із } \triangle OAB \quad \cos \alpha_1 = \frac{OA}{OB} = \frac{y - h_{\text{загл.}}}{R} = \frac{8 - 2}{22,8} = 0,264;$$

$$\alpha_1 = 74^\circ 42' \quad \text{Із } \triangle OCD \quad \cos \alpha_2 = \frac{OC}{DC} = \frac{y}{R} = \frac{8}{22,8} = 0,351; \quad \alpha_2 = 69^\circ 33';$$

$$\angle DOB = \alpha_1 + \alpha_2 = 144^\circ 15' \quad \text{або в радіанах } \text{arc}144^\circ 15' = 2,52.$$

Довжина дуги  $L = 2,52R = 57,5$  м. Вага вийнятої землі  $q$  на 1 м довжини плити

$$q = h_{\text{загл.}} \cdot 2 \cdot b \cdot \gamma_w \cdot 1 = 2 \cdot 20 \cdot 20 = 800 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

Навантаження  $P$  на 1 м довжини по підосві плити

$$P = \frac{50000}{20} = 2500 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

Розрахункова навантаження  $P_0$  по підосві фундаменту з урахування вийнятої землі

$$P_0 = P - q = 2500 - 800 = 1700 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

Коефіцієнт запасу основи складає  $k_{\text{запасу}} = \frac{L \sum wR}{P_0 a} = \frac{57,5 \cdot 2,5 \cdot 22,8}{170 \cdot 11} = 1,75.$

### Висновок

- Таким чином коефіцієнт запасу від величини відношення потенційних сил опору до активних сил, що можуть викликати зсувний рух, складає 1,75 і забезпечує стійкість основи. Величина  $k_{\text{запасу}}$  визначається відповідними технічними умовами та нормами проектування в діапазоні 1,5-2.

### Використана література

1. Клейн Г. К. Расчёт подпорных стен / Г. С. Клейн. – М.: Высшая школа, 1964. – 180 с.
2. Голушкевич С. С. Статика предельных состояний грунтовых масс / Сергей Сергеевич Голушкевич. – М.: Гостехиздат, 1957. – 211 с.
3. Соколовский В. В. Теория пластичности / Вадим Васильевич Соколовский. – М.: "Высшая школа", 1969. – 248 с.

**Моргун Алла Серафимівна** – д.т.н., професор кафедри промислового та цивільного будівництва Вінницького національного технічного університету.

**Єжов Олексій Олександрович** – студент Вінницького національного технічного університету.