

## Задание по дисциплине пути сообщения

### **Задание 1. Оценка местной устойчивости откоса эксплуатируемой насыпи из глинистых грунтов**

Исходя из опыта сооружения и эксплуатации железнодорожного земляного полотна, утвержденным сводом правил «Проектирование земляного полотна железных дорог колеи 1520 мм» (СП32-104-98) существенно ограничено использование глинистых грунтов с влажностью предела текучести  $W_L > 0,40$  (табл. 4.1, стр. 3). Отсутствие таких ограничений в ранее действовавших нормативных документах привело к тому, что на сети дорог, в т.ч. на отдельных магистральных линиях, находятся в эксплуатации насыпи, сооруженные из тяжелых суглинков и глин, потенциально опасные в части возможности образования сплывов откосов при экстремально неблагоприятном сочетании погодных условий (прохождения ливневых осадков после засушливого периода, бурном снеготаянии весной и других). Традиционные способы оценки устойчивости откосов по показателям состояния глинистых грунтов (естественной плотности, влажности и прочности, установленных в произвольных момент проведения инженерно-геологического обследования) не отражают возможностей их изменения в экстремальных ситуациях. Более перспективным для этой цели является использование показателей водно-физических свойств глинистых грунтов, позволяющих определить значения плотности, влажности и прочности при возможности полной реализации их способности к усадке и набуханию в зависимости от глубины залегания.

Настоящим заданием предусматривается прогнозная оценка местной устойчивости откоса эксплуатируемой насыпи из глинистых грунтов в зависимости от их влажности на пределе текучести  $W_L$  и геометрических

характеристик насыпи при заданных кривизне, а также точках входа и выхода кривой смещения (рис. 1.1).

При этом принимаются следующие допущения:

- интенсивному выветриванию под влиянием климатических факторов подвергаются грунты откоса насыпи, грунты под основной площадкой, перекрытые слоем накопленных балластных материалов, изменяют свойства в меньшей степени;
- вследствие указанного выше наиболее вероятным и чаще наблюдаемым в практике является нарушение местной устойчивости откосов с образованием срыва у концов шпал, что предусмотрено расчетной схемой рис. 1.1.
- глинистые грунты насыпи с влажностью предела текучести  $W_L \geq 0,40$  относятся к полиминеральным разновидностям и подчиняются установленным зависимостям показателей состояния от бытового давления (глубины залегания) рассматриваемого грунта.

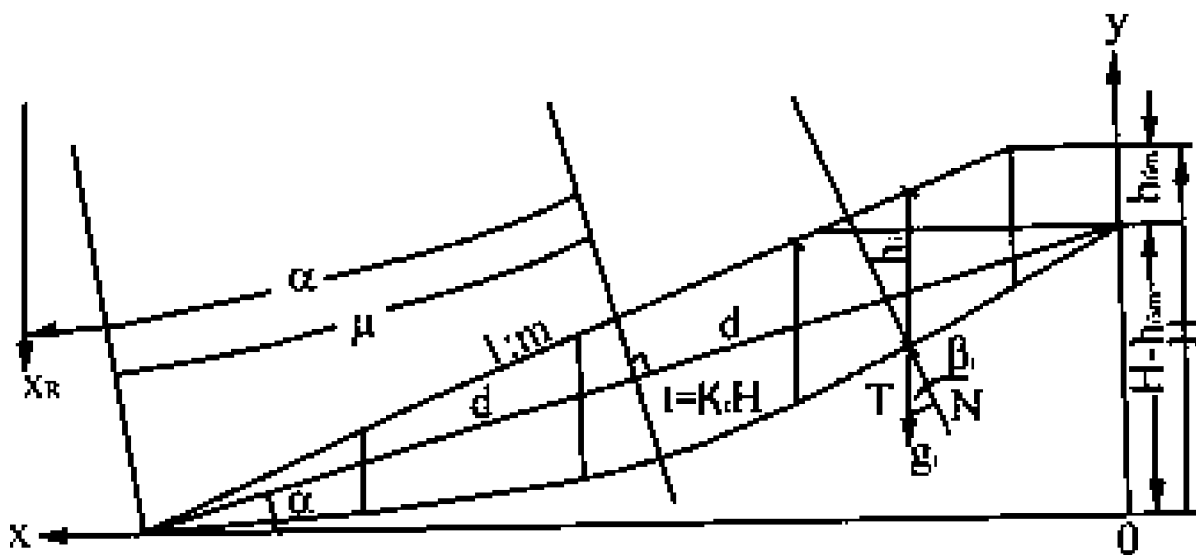


Рис. 1. Схема 1 к расчету устойчивости насыпи

Последнее позволяет заменить аналитический расчет прочности грунта по методическим указаниям [1] их определением по графику рис 1.2.

Проверочный расчет местной устойчивости откоса эксплуатируемой насыпи с использованием исходных данных табл. 1 по каждому варианту выполняется аналитическим способом в следующем порядке с определением:

- длины хорды АВ по формуле:

$$2d = \sqrt{(H - h_{\text{с.м}})^2 + (nH + x_1)^2} \quad (1.1)$$

- значения  $t$

$$t = K_t \cdot H$$

- радиуса кривой скольжения  $R$

$$R = \frac{d^2 + t^2}{2t} \quad (1.2)$$

- угла наклона хорды  $\alpha$

$$\alpha = \arcsin \frac{H - h_{\text{с.м}}}{2d} \quad (1.3)$$

- половины центрального угла кривой скольжения

$$\mu = \arcsin \frac{d}{R} \quad (1.4)$$

- координаты центра кривой скольжения

$$x_R = nH + R \cdot \sin(\alpha - \mu) \quad (1.5)$$

$$y_R = R \cdot \cos(\alpha - \mu) \quad (1.6)$$

- ширины отсеков в откосной части насыпи

$$b = \frac{nH}{N}, \quad (1.7)$$

где  $N$  – число отсеков выбирается по условиям  $N \geq 4$  и  $b \leq 6$  м.

Ширина первого отсека  $b_1=x_1=2,2$  м принимается для всех вариантов постоянной по условию ширины основной площадки земляного полотна  $B=7,0$  м и длины шпалы  $l_{ш}=2,7$  м.

Далее расчет производится в табличной форме применительно к учебным схемам [2,3,4] с определением для каждого отсека.

- координаты левой грани

$$x_{in}=x_{(i-1)л}+b_i \quad (1.8)$$

- ординаты середины отсека

$$x_{icp} = \frac{x_{il} + x_{(i-1)л}}{2} \quad (1.9)$$

- угла  $\beta_i$  (см. рис. 1.1)

$$\beta_i = \arcsin \frac{x_R - x_{icp}}{R} \quad (1.10)$$

- отметка поверхности середины отсека

$$y_{ic} = H - \frac{x_{icc} - x_1}{n} \quad (1.11)$$

- отметка кривой скольжения в середине отсека

$$y_{ik}=y_R-R\cos\beta_i \quad (1.12)$$

- высота отсека

$$h=y_{in}-y_{ik} \quad (1.13)$$

- вес отсека

$$g_i=2b_i h_i \quad (1.14)$$

(для всех вариантов принимает объемный вес грунта  $\rho=2$  т/м<sup>3</sup>)

По графику рис.2 для каждого отсека в зависимости от влажности предела текучести  $W_L$  и высоты отсека  $h_i$  определяется значение сцепления в т/м<sup>2</sup>.

В связи с малым диапазоном изменения угла внутреннего трения  $\varphi$  в зависимости от давления (высоты отсека  $h_i$ ) для всех отсеков принимает одинаковое значение  $\varphi$  по графику рис. 1.2 с соответствующей интерполяцией для заданного значения  $W_L$

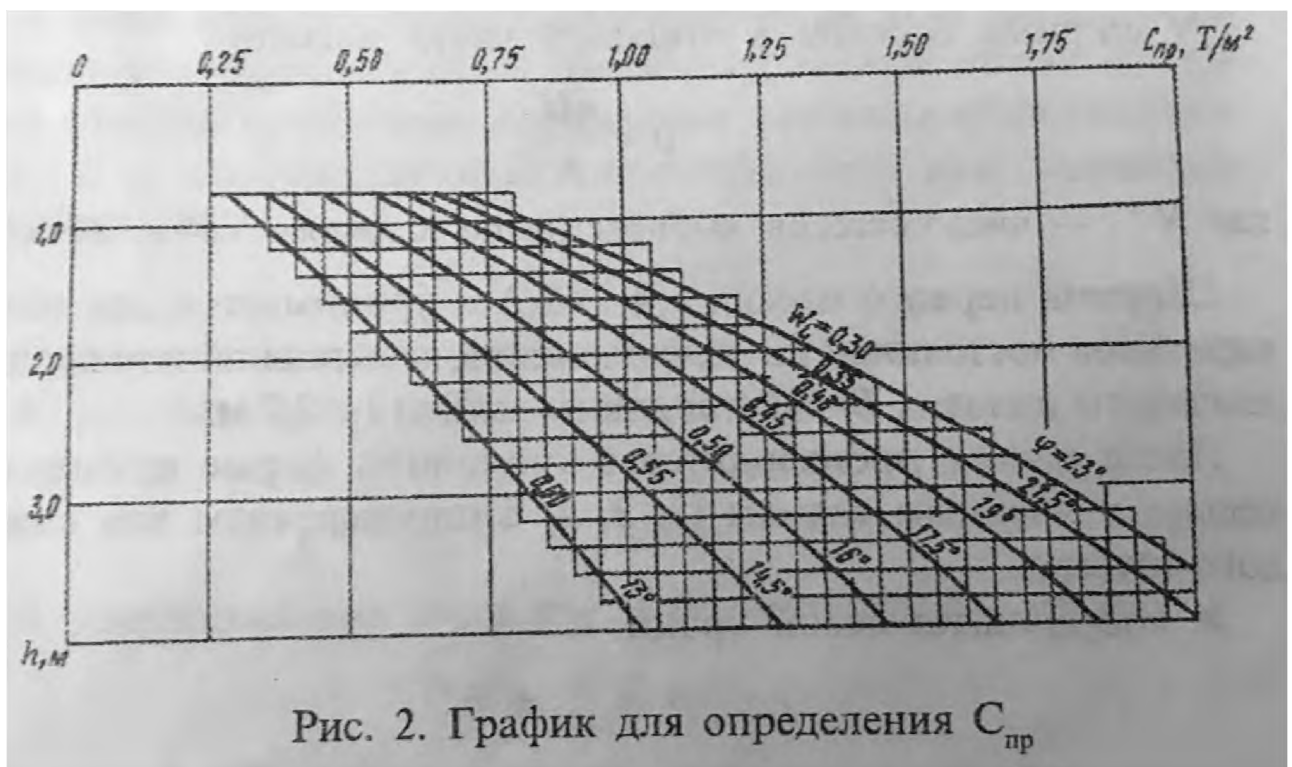
$$f = \operatorname{tg}(\varphi - 2) \quad (1.15)$$

Далее для каждого отсека определяются:

- удерживающая сила по сцеплению

$$T_{ydc} = \frac{c_i b_i}{\cos \beta_i} \quad (1.16)$$

- удерживающая сила по углу внутреннего трения



$$T_{y\partial\varphi} = f g_i \cos \beta_i \quad (1.17)$$

- сдвигающая сила

$$T_{cd} = g_i \sin \beta_i \quad (1.18)$$

Коэффициент местной устойчивости откоса определяется по формуле:

$$K_m = \frac{\sum T_{ydc} + \sum T_{ydp}}{\sum T_{cd} + \frac{\rho_w \cdot h_{max}^2}{2}}, \quad (1.19)$$

где  $\rho_w = 1 \text{ т/м}^3$  – объемный вес воды,

$h_{max}$  – максимальная высота отсека из числа определенных.

При  $K_m \geq 1,1$  и отсутствии признаков деформирования устойчивость откоса считается обеспеченной, при  $K_m < 1,1$  имеется потенциальная опасность деформирования откоса, необходимо обследование насыпи и назначение, при необходимости мероприятий по ее усилению.

$$K_m = \frac{\sum T_{ydc} + \sum T_{ydp}}{\sum T_{cd} + \frac{\rho_w h_{max}^2}{2}} = \frac{21,69 + 21,12}{35,91 + \frac{1 \cdot 2,92^2}{2}} = 1,066 < 1,1$$

Насыпь относится к потенциально опасным, требует обследования и, в зависимости от его результатов, назначения мероприятий по усилению.

| Показатели                                 | Значения показателей |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------------------|----------------------|------|------|------|------|------|------|
|                                            | 1                    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    |
| Задание 1<br>Высота насыпи $H$ , м         | 8,0                  | 8,6  | 9,2  | 9,8  | 10,3 | 11,0 | 11,2 |
| Показатель крутизны откоса, $n$            | 1,9                  | 1,8  | 1,7  | 1,6  | 2,4  | 1,8  | 1,8  |
| Толщина слоя дренгрунта, $h_{бм}$ , м      | 0,7                  | 0,8  | 0,9  | 1,0  | 0,7  | 1,1  | 1,0  |
| Влажность предела текучести<br>глин, $W_L$ | 0,50                 | 0,47 | 0,45 | 0,40 | 0,52 | 0,44 | 0,42 |
| Коэффициент кривой, $K_t$                  | 0,20                 | 0,16 | 0,17 | 0,14 | 0,15 | 0,13 | 0,18 |

Продолжение таблицы 1

| Значения показателей по вариантам |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----------------------------------|------|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 8                                 | 9    | 0    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 11,8                              | 12,4 | 13,0 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2,1                               | 2,4  | 2,0  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1,2                               | 0,9  | 1,3  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0,49                              | 0,53 | 0,43 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0,16                              | 0,17 | 0,15 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Вариант выбирается по последним трём цифрам шифра следующим образом. Например последние три цифры 502. Исходные данные отмечены в таблице красным цветом. Из 1-й строки выбираем столбец 5, из 2-й - столбец 0, из 3-й - столбец 2. И так далее из 4-й строки столбец 5, из 5-й - столбец 0.