

УДК 528.486

В. И. РУДСКИЙ

### ПО ПОВОДУ РАЗБИВКИ ОТКОСОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Вопрос подготовки данных для разбивки границ откосов земляного полотна весьма прост и достаточно подробно освещен во многих учебниках и пособиях по инженерной геодезии. Однако в его изложении есть ряд существенных недостатков.

Во-первых, отсутствует единообразие в определениях и обозначениях характеристики ската, что затрудняет использование формул на практике.

Известно, что наклон местности (линии) удобно характеризовать величиной уклона  $i$  — отношением превышения  $h$  к горизонтальному проложению линии  $d$ :

$$i = \frac{h}{d} \text{ или } i = 1:m,$$

где

$$m = \frac{d}{h}. \quad (1)$$

Уклон и служит мерой крутизны ската. Иногда такой мерой может быть угол наклона линии к горизонту [6]. Поэтому, как нам кажется, не следует отождествлять понятие «крутизна» с понятием «уклон». В [5] различия между этими понятиями не делается.

Величина  $m$  (или  $n$ ), определяемая формулой (1), также трактуется по-разному. В [2] она именуется одновременно и «коэффициентом откоса», и просто «откосом насыпи», а уклон местности называется «откосом местности» и обозначается буквой  $n$ . В [3] величина  $m$  (обозначена через  $n$ ) называется «показателем откоса», а в [1] буквами  $m$  и  $n$  наряду с  $i$  обозначаются уже уклоны.

Все это создает ряд неудобств, затрудняет понимание выкладок и применение формул.

Во-вторых, в ряде случаев [4, 5, 7] производится упрощение формул для разбивки без указания пределов их применения.

Так, в [5] приведены формулы (V.104) вычисления наклонных расстояний от оси насыпи (или выемки) до подошвы (или бровки)

$$O'B = \left( \frac{B}{2} + mh \right) \frac{\sqrt{n^2 + 1}}{n + m} \approx \left( \frac{B}{2} + mh \right) \frac{n}{n + m},$$

$$O'B_1 = \left( \frac{B}{2} + mh \right) \frac{\sqrt{n^2 + 1}}{n - m} \approx \left( \frac{B}{2} + mh \right) \frac{n}{n - m},$$

где  $B$  — проектная ширина сооружения;  $h$  — высота насыпи или глубина выемки;  $1:n$  и  $1:m$  — соответственно уклоны местности и откоса.

Однако легко показать, что  $\left(\frac{B}{2} + mh\right) \frac{n}{n+m}$  и  $\left(\frac{B}{2} + mh\right) \frac{n}{n-m}$  есть не приближенные значения наклонных расстояний, а горизонтальные проложения.

В самом деле, упрощение точных формул достигнуто тем, что их множитель  $\frac{\sqrt{n^2+1}}{n}$  принят равным единице. В действительности он будет

$$\frac{\sqrt{n^2+1}}{n} = \frac{\sqrt{\text{ctg}^2 \alpha + 1}}{\text{ctg} \alpha} = \frac{1}{\cos \alpha},$$

где  $\alpha$  — угол наклона косогора.

Учитывая это, точные формулы можно записать так:

$$O'B = \frac{1}{\cos \alpha} \left(\frac{B}{2} + mh\right) \frac{n}{n+m},$$

$$O'B_1 = \frac{1}{\cos \alpha} \left(\frac{B}{2} + mh\right) \frac{n}{n-m}.$$

Отсюда видно, что

$$\left(\frac{B}{2} + mh\right) \frac{n}{n+m} = O'B \cos \alpha.$$

Последнее есть не что иное, как горизонтальные проложения, а не наклонные расстояния.

В-третьих, при рассмотрении вопроса разбивки откосов земляного полотна на косогоре вывод формул часто усложняется дополнительными искусственными построениями.

Мы предлагаем более естественный и простой способ решения этой задачи, используя в качестве характеристики крутизны ската уклон  $i$ .

Обратимся к рисунку. На нем сплошными линиями изображены косогор и насыпь, штриховыми линиями — выемка.

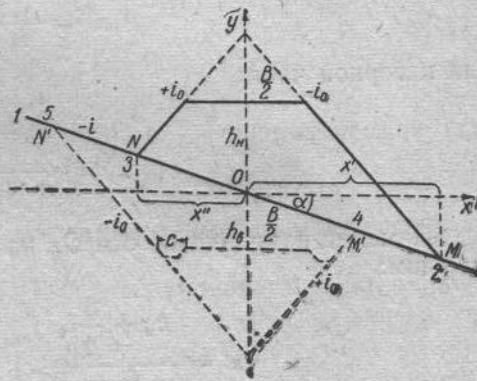
В точке  $O$  оси сооружения, как в начале координат, проведем две оси: горизонтальную —  $Ox$  и вертикальную  $Oy$ . В образовавшейся прямоугольной системе координат будем рассматривать три прямые: две, образующие откосы насыпи (выемки) и линию косогора.

Известно, что уравнение прямой может быть представлено в виде

$$y = kx + b, \quad (2)$$

где  $k$  — угловой коэффициент прямой, равный  $\text{tg} \alpha$  ( $\alpha$  — угол между положительным направлением оси  $Ox$  и прямой);  $b$  — отрезок, отсекаемый прямой на оси  $Oy$ .

Пронумеруем для удобства прямые. Прямая косогора — 1, прямые откосов насыпи — 2 и 3, прямые откосов выемки 4 и 5.



Откос с насыпью и выемкой.

Согласно формуле (2) запишем уравнения прямых косогора и откосов насыпи

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= -ix_1; \\ y_2 &= -i_0x_2 + \left(h_n + \frac{B}{2}i_0\right); \\ y_3 &= -i_0x_3 + \left(h_n + \frac{B}{2}i_0\right). \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Здесь  $i = \operatorname{tg} \alpha$  — уклон косогора;  $i_0$  — проектный уклон откосов;  $h_n$  — высота насыпи;  $B$  — проектная ширина насыпи.

Для определения отрезка ординаты  $b$  знак уклона  $i_0$  в системе (3) значения не имеет.

Горизонтальное расстояние (абсцисса  $x$ ) от оси сооружения до подошвы в нагорной или подгорной части определится из совместного решения двух соответствующих уравнений системы (3), для которых координаты точки пересечения  $N$  или  $M$  равны.

Чтобы определить горизонтальное расстояние в подгорной части приравняются первые два равенства. Для определения такого же расстояния в нагорной части приравняются первое и третье равенства.

Тогда в соответствии с рисунком, напишем

$$-ix' = -i_0x' + \left(h_n + \frac{B}{2}i_0\right), \quad -ix'' = i_0x'' + \left(h_n + \frac{B}{2}i_0\right).$$

И горизонтальные расстояния до подошвы насыпи будут: для подгорной части

$$x' = \frac{h_n + \frac{B}{2}i_0}{i_0 - i}, \quad (4)$$

для нагорной части

$$x'' = \frac{h_n + \frac{B}{2}i_0}{-(i_0 + i)}. \quad (5)$$

Изменив направление оси  $Ox$  на обратное, для этих же расстояний получим:

$$x' = \frac{h_n + \frac{B}{2}i_0}{-(i_0 - i)}, \quad x'' = \frac{h_n + \frac{B}{2}i_0}{i_0 + i}.$$

Поэтому для вычисления расстояний, откладываемых от оси в разные стороны, будем иметь: для подгорной части

$$d_1 = \frac{h_n + \frac{B}{2}i_0}{i_0 - i}, \quad (6)$$

для нагорной части

$$d_2 = \frac{h_n + \frac{B}{2}i_0}{i_0 + i}. \quad (7)$$

Подобно изложенному для прямых косогора и откосов выемки запишем такие уравнения:

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= -ix_1; \\ y_4 &= i_0 x_4 - \left[ h_b + \left( \frac{B}{2} + c \right) i_0 \right]; \\ y_5 &= -i_0 x_5 - \left[ h_b + \left( \frac{B}{2} + c \right) i_0 \right]. \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Здесь  $h_b$  — глубина выемки,  $B$  — ширина дорожного полотна,  $c$  — ширина кювета поверху.

Решая уравнения системы (8) попарно (первое и второе, первое и третье), найдем горизонтальные расстояния от оси до бровок выемки. Они будут: в подгорной части

$$d_1 = \frac{h_b + \left( \frac{B}{2} + c \right) i_0}{i_0 + i}, \quad (9)$$

в нагорной части

$$d_2 = \frac{h_b + \left( \frac{B}{2} + c \right) i_0}{i_0 - i}. \quad (10)$$

Если учесть в знаменателе знаки уклонов и то, что расстояния  $d$  всегда положительны, можем написать одну формулу для вычисления горизонтальных расстояний от оси сооружения до подошвы (бровки):

$$d = \frac{h + \frac{B}{2} i_0}{i_0 - i}, \quad (11)$$

где  $h$  — высота насыпи (глубина выемки),  $B$  — ширина насыпи (для выемки —  $\frac{B}{2} + c$ ).

На крутых склонах удобнее откладывать наклонные расстояния  $D$  ( $OM$ ,  $ON$  или  $OM'$ ,  $ON'$ ).

Согласно рисунку и формуле (11) для наклонного расстояния напишем:

$$D = \frac{d}{\cos \alpha},$$

где  $\alpha$  — угол наклона косогора.

Так как

$$\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha}} = \frac{1}{\sqrt{1 + i^2}},$$

то

$$D = d \sqrt{1 + i^2}.$$

С учетом формулы (11) для наклонного расстояния получим:

$$D = \left( h + \frac{B}{2} i_0 \right) \frac{\sqrt{1 + i^2}}{i_0 - i}. \quad (12)$$

Формулы (11) и (12) — общие и справедливы для всех случаев разбивки откосов дорожного полотна и на прямых крутых косогорах, и на ровной местности (тогда  $i=0$ ).

Пользуясь формулами, надо лишь помнить, что при однонаправленных по отношению к вертикальной линии скатах в знаменателе будет разность уклонов, а при разнонаправленных скатах — сумма уклонов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Видуев Н. Г. [и др.]. Геодезические разбивочные работы. Киев, Гостехиздат, УССР, 1952.
2. Глотов Г. Ф. Геодезия в строительстве. М., Геодезиздат, 1958.
3. Глотов Г. Ф. Геодезия в строительном производстве. М., Стройиздат, 1967.
4. Левчук Г. П. Курс инженерной геодезии. М., «Недра», 1970.
5. Справочник геодезиста. М., «Недра», 1966.
6. Шилов П. И. Геодезия. М., Госгеолтехиздат, 1963.
7. Шилов П. И., Федоров В. И. Инженерная геодезия и аэрогеодезия. М., «Недра», 1971.

Работа поступила в редколлегию 7 июня 1972 года.  
Рекомендована кафедрой планировки и застройки населенных мест Полтавского инженерно-строительного института.