

УСТОЧИВОСТЬ ОТКОСА МЕТОДОМ КРУГЛОЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ СКОЛЬЖЕНИЯ В КОМПАС-3D

А.О. Уланов, магистрант
Братский государственный университет
(Россия, г. Братск)

DOI:10.24412/2500-1000-2023-1-2-111-117

Аннотация. В статье приведены материалы проектирования, актуальной проблемы для строительства, ситуации оползания массива грунта методом круглоцилиндрических поверхностей при помощи Компас 3D. Предлагается методика для нахождения минимально возможного коэффициента запаса, сложенного однородным грунтом. Данный метод позволяет понять физический смысл процесса явления оползания массива грунта откоса. Установлено, что чем дальше центр дуги скольжения, тем выше запас устойчивости.

Ключевые слова: КЦПС, расчет откоса, дуга скольжения, Компас 3D, расчетная схема, однородный грунт

Вопрос проектирования зданий и сооружений при выполнении расчета устойчивости откосов ставится во многих профессиональных областях строительства, таких как гидротехнические сооружения, котлованы и карьеры или способы возведения зданий и сооружений на специфических грунтах поэтому тема считается важной и актуальной.

Расчеты устойчивости земляного полотна проводятся применительно к периодам неблагоприятного состояния грунтов. Расчеты основываются на закономерностях

механики грунтов, изучающей деформации и сопротивления грунтов внешним нагрузкам.

Считается, что потеря устойчивости откоса может произойти в результате вращения отсека грунтового массива относительно центра O по дуге окружности с радиусом R . Смещающийся отсек рассматривают как недеформируемый массив [1-2].

Методика расчета [1,3-5]. Согласно коэффициенту m находим угол заложения по формуле (1.1):

$$m = ctg\theta \quad (1.1)$$

Находим площади каждого отсека и сводим в таблицу 1.

Рассчитываем вес отсека по формуле (1.2):

$$P_i = A_i \cdot \gamma \cdot 1 \quad (1.2)$$

Рассчитываем реактивные касательные напряжения τ по уравнению Кулона по формуле (1.3):

$$\tau_i = \sigma_i \cdot tg\varphi + C_i \quad (1.3)$$

Раскладываем силы на две составляющие веса P_i на направление радиуса вращения и ему перпендикулярное, составляют уравнения равновесия, приравнявая к нулю сумму моментов всех внешних сил относительно вращения приложенной точки.

$$\sum_{i=1}^n T_i \cdot R - \sum_{i=1}^n N_i \cdot tg\varphi \cdot R - C_i \cdot l_i \cdot R = 0 \quad (1.4)$$

Сокращая это на R выражения получаем (1.5):

$$\sum_{i=1}^n T_i - \sum_{i=1}^n N_i \cdot \operatorname{tg} \varphi - C_i \cdot l_i = 0 \quad (1.5)$$

$$\sum M = 0 \quad (1.6)$$

Составляющие веса P_i находим по формулам (1.7-1.8):

$$T_i = P_i \cdot \sin \alpha \quad (1.7)$$

$$N_i = P_i \cdot \cos \alpha \quad (1.8)$$

Где α – угол между составляющими силы P

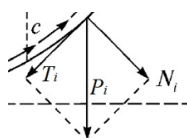


Рис. 1. Угол α

После нахождения всех необходимых данных можно приступить к нахождению коэффициента закрепления грунта (далее K_3).

Он находится по формуле:

$$K_3 = \frac{M_{\text{удерживающие}}}{M_{\text{сдвигающие}}} \quad (1.9)$$

Для однородного грунта будет считаться как (1.10):

$$K_3 = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \cdot \operatorname{tg} \varphi + C_i \cdot L}{\sum_{i=1}^n T_i} \quad (1.10)$$

Где L – длина дуги

Рассчитывается по формуле (1.11):

$$L = \frac{\pi \cdot R}{180^\circ} \cdot \beta \quad (1.11)$$

Где β – угол между радиусами, ограничивающими дугу

π = принимаем равным 3.14

R – радиус для данной дуги приложения

Для отсека, сложенного разнородными грунтами по формуле (1.12):

$$K_3 = \frac{\sum_{i=1}^n \sigma_i \cdot l_i \cdot \operatorname{tg} \varphi + \sum_{i=1}^n C_i \cdot L}{\sum_{i=1}^n T_i} \quad (1.12)$$

Для удобства все расчеты ведем в табличной форме (табл. 1)

Для дуг поверхностей скольжения, в которых хоть один отсек является не сдвигающим, а удерживающим формула принимает вид (1.13):

$$K_3 = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \cdot tg \varphi + C_i \cdot L + \sum_{i=1}^n T_i \cdot \Delta D}{\sum_{i=1}^n T_i \cdot C_{ДВ}} \quad (1.13)$$

Где n- количество участков входящих в число сдвигающих или удерживающих отсеков

i – число участков, на которых T является удерживающей силой

В качестве примера нахождения минимально допустимого K_3 устойчивость рассмотрим такие параметры откоса: Сцепление грунта $C=40$ кПа; Угол внутреннего

трения $\varphi = 15^\circ$; Удельный вес грунта $\gamma = 18$ кН/м³; Коэффициент заложения откоса $m=1.75$; Высота заложения откоса $h=25$ м [1,6].

Решение для первой точки приложения O1 заносим в таблице 1, решение параметров происходит по вышеуказанным формулам.

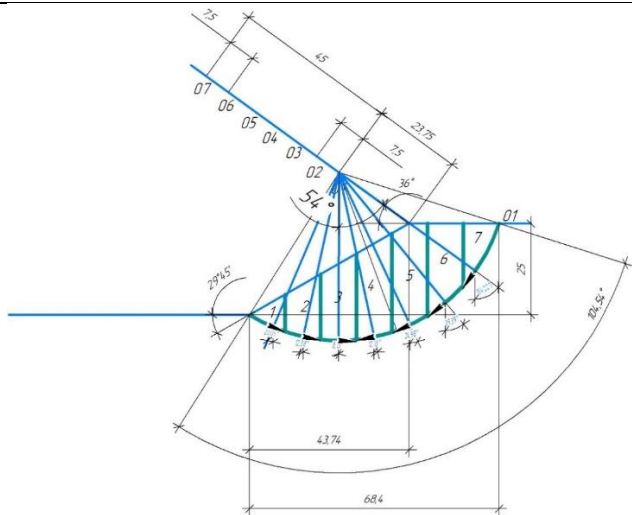
Таблица 1. Расчет данных для точки O1

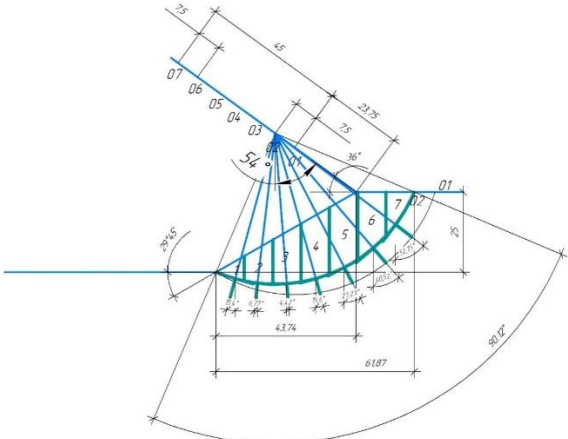
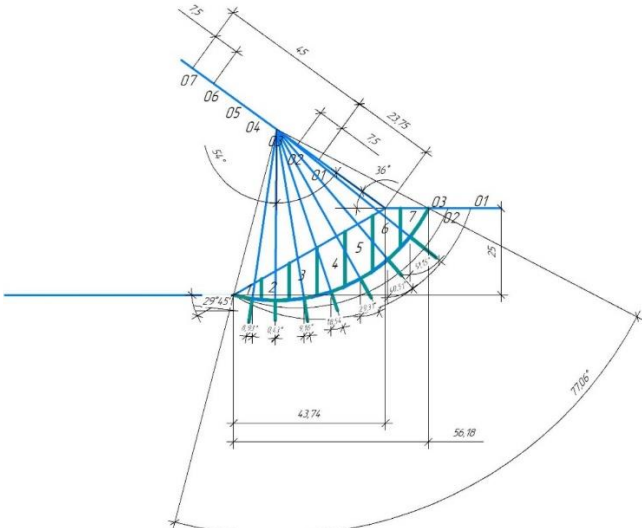
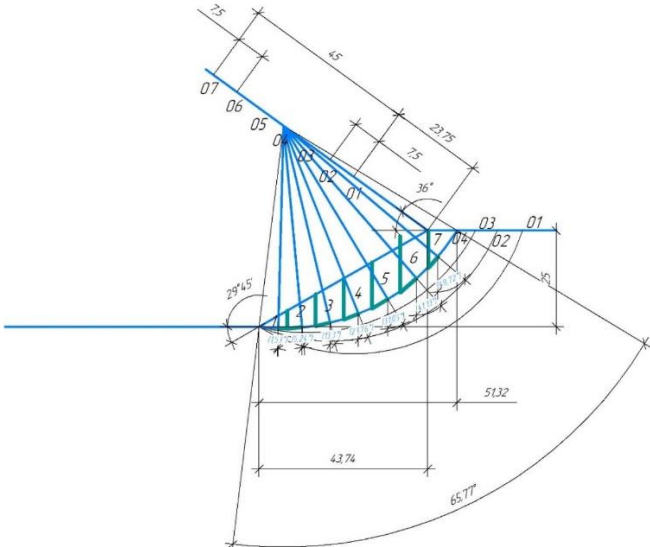
O1	A	P	α	$\cos \alpha$	$\sin \alpha$	Ni	Ti
1	52.26	940.68	23.05	0.92	0.39	865.579	368.30
2	139.61	2512.98	12.38	0.97	0.21	2454.54	538.76
3	204.71	3684.78	0.13	0.99	0.002	3684.77	8.36
4	249.19	4485.42	12.13	0.97	0.21	4385.27	942.52
5	264.02	4752.36	24.98	0.90	0.42	4307.80	2006.93
6	209.42	3769.56	39.39	0.77	0.63	2913.28	2392.14
7	97.7	1758.6	54.22	0.58	0.81	1028.20	1426.69
Сумма удерживающих						19639.4	915.43
Сумма сдвигающих							6768.296

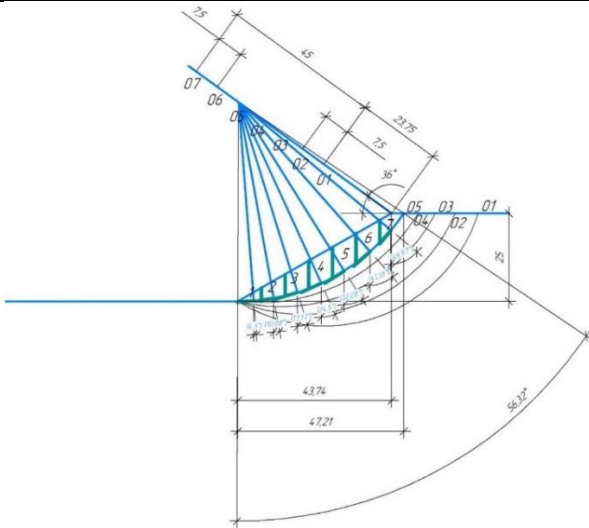
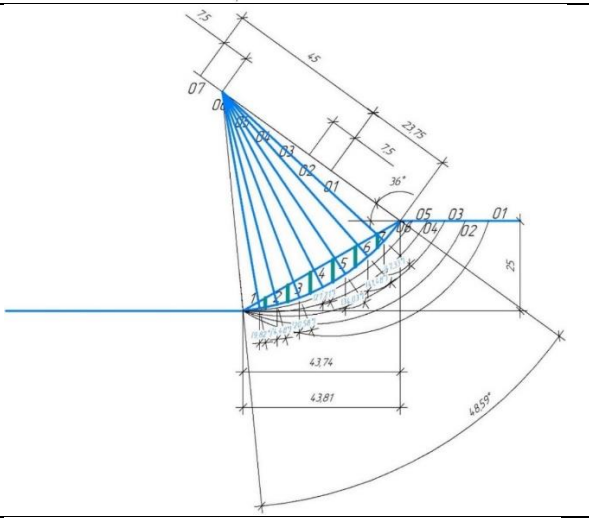
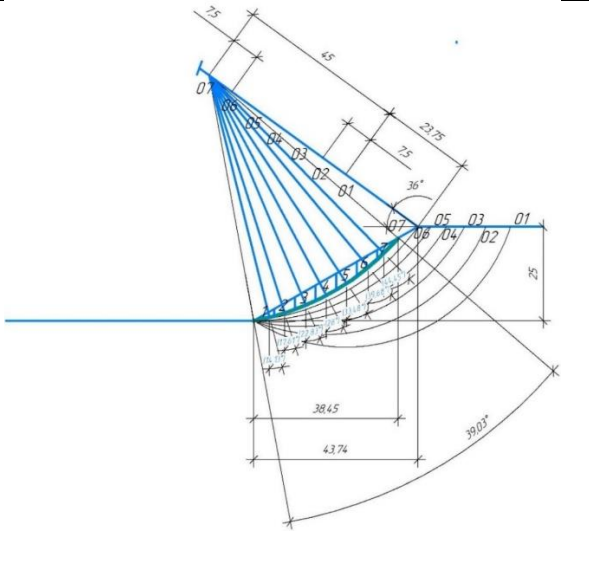
Выполняется расчет K_3 по формуле 1.13: $K_3 = \frac{19638 \cdot 0.26 + 40 \cdot 83.94 + 915.43}{6768.29} = 1.40$

Аналогично происходят решения для других точек расположение центра откоса, краткие выходные данные расчетов заносим в табл. 2. (O2-O7)

Таблица 2. Просчет дуги скольжения 7 точек

№ п/п	Расчетная схема дуги скольжения откоса	Расчетные данные
1	2	3
O1		<p>L= 83.94 $\beta = 104.54$ $\sigma = 450$ $\tau = 4823.08$ $K_3 = 1.408$</p>

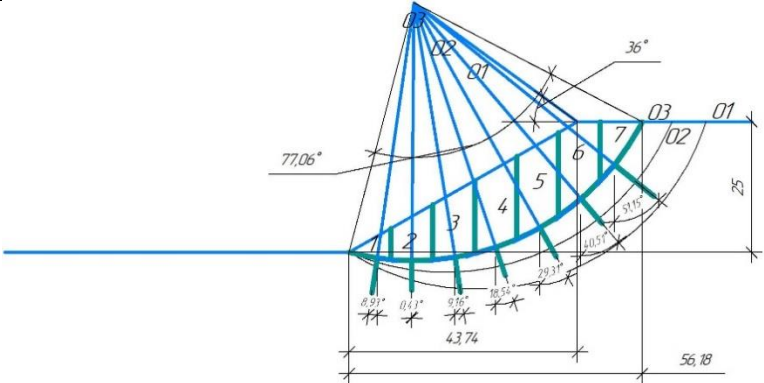
<p>O2</p>			<p>L= 74.09 β = 90.12 σ = 450 τ = 4823.08 K_3 = 1.308</p>
<p>O3</p>			<p>L= 66.33 β = 77.06 σ = 450 τ = 4823.08 K_3 = 1.279</p>
<p>O4</p>			<p>L= 60.30 β = 65.77 σ = 450 τ = 4823.08 K_3 = 1.317</p>

O5			$L=$ 55.59 $\beta=$ 56.32 $\sigma=$ 450 $\tau=$ 4823.08 $K_3=$ 1.469
O6			$L=$ 62.21 $\beta=$ 59.72 $\sigma=$ 450 $\tau=$ 4823.085 $K_3=$ 2.071
O7			$L=$ 65.32 $\beta=$ 59.83 $\sigma=$ 450 $\tau=$ 4823.08 $K_3=$ 3.155

После необходимо строить перпендикулярные направления точек приложения O8-O14 для нахождения возможно меньшего значения коэффициента закрепления (K_3).

Покажем точку O11, в таблице 3, исходя из проведенных графических построений и расчетных данных, которая имеет меньшее значение из перпендикулярные направления центров и пересекающейся с точкой O3.

Таблица 3. Просчет дуги скольжения центра O11

№ п/п	Расчетная схема дуги скольжения откоса	Расчетные данные
1	2	3
O11		$L = 83.94$ $\beta = 104.54$ $\sigma = 450$ $\tau = 4823.08$ $K_3 = 1.279$

В заключении проводится составление общего чертежа эпюр продольных и перпендикулярных значений K_3 .

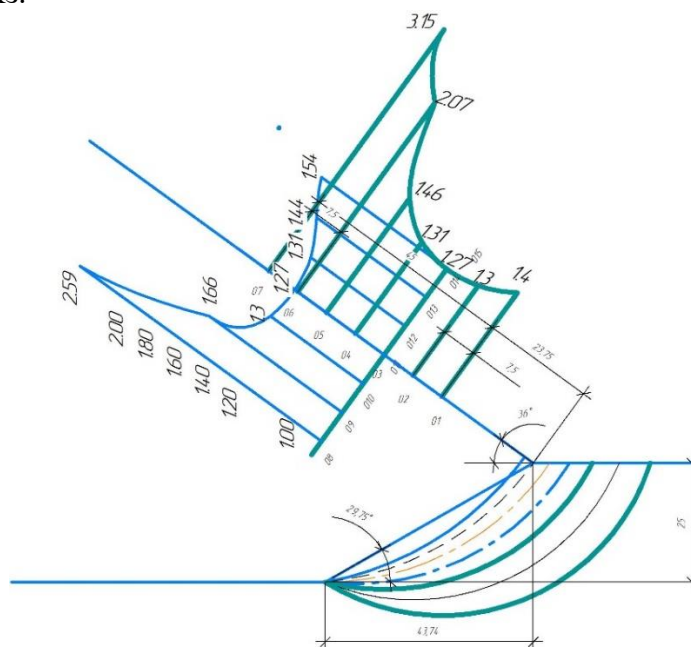


Рис. 2. Эпюры коэффициентов устойчивости откоса

Заключение. Проведенный расчет откоса методом КЦПС показывает, исходя из анализа эпюры устойчивости, что минимальный K_3 будет у центров точки $O_3=O_{11}=1.27$, дуги скольжения сложены сдвигающими и удерживающими отсеками. Коэффициент считается устойчивым т.к. > 1 . Изображены схемы для каждой точки приложения дуги скольжения, составлена таблица данных для расчета и выполнен расчет на различные критерии. Установлено, что чем дальше центр дуги скольжения, тем выше запас устойчивости

и тем самым преобладают сдвигающие отсеки.

Недостатком данного метода можно считать большую трудоемкость процесса составления, но при существующих компьютерных программах, позволяющих выполнять расчеты по аналогии, этот недостаток не считается таким большим. Данный метод позволяет понять физический смысл процесса явления оползания массива грунта откоса.

В последующих работах будет исследована зависимость расчетных параметров на влияние допустимого минимального коэффициента.

Библиографический список

1. Далматов Б.И. Механика грунтов, основания и фундаменты. – СПб.: Изд-во АСВ, 2020. – 416 с.
2. Маслов Н.Н. Механика грунтов в практике строительства. – М.: Стройиздат, 1977.
3. СП50-101-2004. Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений / ГП ЦПП. – М., 2005.
4. Ухов С.Б. Механика грунтов, основания и фундаменты // С.Б. Ухов, В.В. Семенов, В.В. Знаменский, З.Г. Тер-Мартirosян, С.Н. Чернышев. – М.: Высшая школа 2004. – 566 с.
5. Азизов З. К. Механика грунтов: учебное пособие. – Уль-ск: УлГТУ, 2008. – 102 с.
6. Заручевных И.Ю., Невзоров А.Л. Механика грунтов в схемах и таблицах. – М.: Изд-во АСВ, 2007. – 134 с.

SLOPE STABILITY BY THE METHOD OF CIRCULAR CYLINDRICAL SLIDING SURFACES IN KOMPAS-3D

A.O. Ulanov, Graduate Student
Bratsk State University
(Russia, Bratsk)

***Abstract.** The article presents design materials, an urgent problem for construction, the situation of a landslide of a soil mass by the method of circular cylindrical surfaces using KOMPAS-3D. A technique is proposed for finding the minimum possible coefficient of a stock composed of homogeneous soil. This method allows us to understand the physical meaning of the process of the phenomenon of landslide of the slope soil mass. It is established that the farther the center of the sliding arc is, the higher the margin of stability.*

***Keywords:** KCPS, slope calculation, sliding arc, KOMPAS-3D, calculation scheme, homogeneous soil.*