

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ДЛИТЕЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ОПОЛЗНЕОПАСНЫХ СКЛОНОВ И ОТКОСОВ

Владимир ПОЛКАНОВ, д.т.н., конф. универс., ТУМ, polkanov-mda@mail.ru
Алексадр КЫРЛАН, унив. препод., ТУМ, alexandru.cirlan@gmail.com
Виктор ПОПОВСКИЙ, инж., “Intehnauca” S.A., vic-2050@list.ru

Abstract: In article are presented the results of long-term stability assessment of natural slopes and slopes of excavations, made in the sandy-clay layer, based on the provisions of the physico-mechanical creep theory of prof. Maslov N.N. The possibility and necessity of solving such problems by finite element method realized in PLAXIS software is proved.

Keywords: slope, excavation, landslide, stability, PLAXIS.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение оползневых явлений во многих случаях представляет трудную задачу, без разрешения которой оказывается невозможным правильное использование противооползневых или профилактических мероприятий [2].

Несмотря на многочисленные исследования, природа оползневых явлений Молдовы до настоящего времени остаётся нераскрытой. Наиболее сложной задача оказывается применительно к изучаемым сарматским глинам, слагающим верхнюю толщу склонов, характеризующихся нарушенным сцеплением и являющихся наиболее опасными в оползневом отношении.

Подтверждением сказанному могут служить новые случаи нарушения устойчивости природных склонов и откосов выемок (рис. 1 и 2).



Рис. 1. Откос выемки, подвергнутый оползневым процессам на одном из участков автомобильной дороги М21 (Кишинэу-Дубэсарь-Полтава). Март 2016.



Рис. 2. Оползневые деформации на участке автомобильной дороге R1 Кишинэу-Унгень, ПК81+550 (на выезде из с. Романовка). Сентябрь 2017.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

Оползневые смещения, возникающие при освоении склоновых территорий, свидетельствуют о необходимости осуществления надёжной оценки устойчивости склонов и откосов и назначения комплекса противооползневых (ПОМ) или противодеформационных мероприятий (ПДМ) [3].

В свою очередь, качество проведённых расчётов устойчивости напрямую зависит от того, насколько близко выбранный метод и составленная расчётная схема отвечают природе развития оползневого процесса.

Безусловно, также, что значительное, а возможно – решающее влияние на полученное значение коэффициента устойчивости будет иметь правильный выбор и назначение расчётных характеристик прочности в предполагаемой зоне оползневого смещения.

В настоящее время проектировщиками Молдовы предпочтение отдаётся инженерным методом расчёта, а именно: Терцаги, прислонённого откоса, Маслова-Берера, Шахунянца, Чугаева [4, 5].

Численные методы, например, метод снижения параметров прочности "phi/c reduction", реализованный в программном комплексе PLAXIS, практически не используются. Основная причина такого положения заключается в установившемся мнении о применимости метода "phi/c reduction" только к "однородным откосам" и невозможности использования метода для природных склонов и откосов выемок со сложными инженерно-геологическими условиями.

В связи с отмеченным, целью настоящей работы явилось обоснование возможности использования МКЭ, реализованного в PLAXIS для оценки оползневой опасности склонов и откосов в Республике Молдова.

Задача решалась на основе детальных исследований, проведённых на участках реконструируемой автомобильной дороги Кишинэу-Дубэсарь-Полтава и планируемого строительства комплекса зданий на склоне озера Валя Морилор, в мун. Кишинэу (рис. 3).



Рис. 3. Характер рельефа местности для планируемого строительства комплекса зданий на склоне озера Валя Морилор, мун. Кишинэу. Март 2018.

Аналитические расчёты были выполнены с использованием идеально упругопластической модели Кулона-Мора, отвечающей основным положениям инженерных методов, по формулам:

1. по методу круглоцилиндрической поверхности скольжения (КЦПС):

$$k_{зан} = \frac{M_{уд}}{M_{сов}} = \frac{\sum (P_i \cdot \cos \alpha_i \cdot tg \varphi_i + c_i \cdot l_i)}{\sum P_i \cdot \sin \alpha_i} \quad 1)$$

2. по методу горизонтальных сил Маслова-Берера:

$$k = \frac{\sum T_i}{\sum \pm H_i} = \frac{\sum P_i (tg \alpha_i - tg (\alpha_i - \psi_{pi}))}{\sum \pm P_i \cdot tg \alpha_i} \quad 2)$$

3. по методу “Fp” (равнопрочного откоса):

$$k = \frac{\sum tg \psi_{pi}}{\sum tg \alpha_i} = \frac{\sum \left(tg \varphi_{wi} + \frac{c_{wi}}{P_{np,i}} \right)}{\sum tg \alpha_i} \quad 3)$$

Для определения коэффициента устойчивости в программном комплексе PLAXIS использовался “метод понижения прочностных характеристик грунта (phi/c reduction)”.

Суть метода заключается в последовательном уменьшении значений угла внутреннего трения и сцепления до потери прочности массива грунта [1]. Для определения прочностных параметров грунта на данном этапе используется общий множитель ΣM_{sf} :

$$\Sigma M_{sf} = \frac{tg \varphi_{input}}{tg \varphi_{reduced}} = \frac{c_{input}}{c_{reduced}}; \quad 4)$$

где ΣM_{sf} – коэффициент снижения прочности, соответствующий коэффициенту устойчивости в момент разрушения, $tg \varphi_{input}$ и c_{input} – исходные параметры прочности, $tg \varphi_{reduced}$ и $c_{reduced}$ – параметры прочности, сниженные в ходе расчета до минимальных значений, достаточных для поддержания равновесия.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. ДИСКУССИЯ

Результаты расчётов, выполненных для одного из участков, приведены в табл. 1 и отражены на рис. 4.

Таблица 1. Результаты расчётов коэффициента устойчивости откоса выемки на участке автодороги М21 ПК 1445+00

Вид испытаний на сдвиг при назначении параметров прочности	Глубина отбора монолита h, м	Параметры прочности		Значения коэффициента устойчивости, полученные по методу:			
		φ , град	C, кПа	КЦПС	Fp	Маслова-Берера	PLAXIS
Сдвиг образцов естественной структуры	1-3	13	130	2,868	2,462	2,462	2,889
	6	13	50				
	7-15	16	100				
	более 15	20	120				
Сдвиг образцов с подготовленной поверхностью	1-3	15	80	1,647	1,676	1,479	1,711
	6	14	50				
	7-15	15	50				
	более 15	16	50				
Сдвиг образцов с подготовленной увлажнённой поверхностью	1-3	13	30	0,824	0,822	0,842	0,849
	6						
	7-15	10	20				
	более 15	10	20				

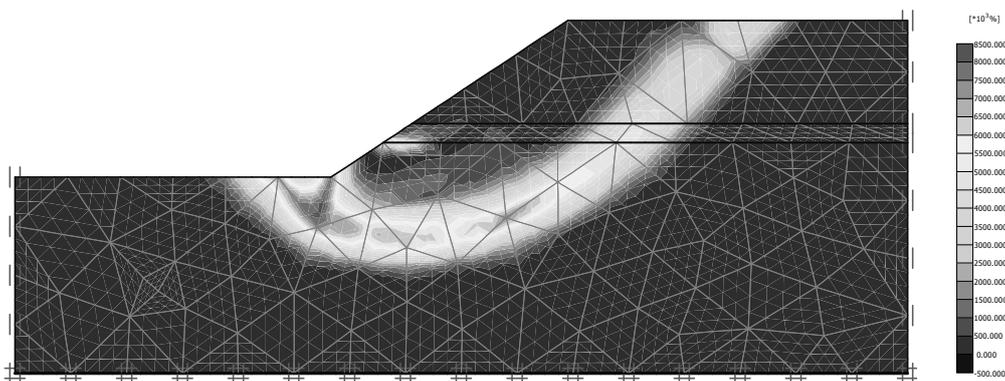


Рис. 4. Изополя плоскости скольжения откоса выемки ПК 14406-14410 на участке автодороги М21

Анализируя полученные результаты, можно заметить хорошую сходимость данных, определенных методами предельного равновесия и с помощью программного комплекса PLAXIS. Это свидетельствует о том, что используемый программный комплекс может быть использован для решения задач по оценке устойчивости склонов и откосов выемок.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

В заключении необходимо отметить, что, несмотря на всё увеличивающуюся тенденцию использования геотехнических программных комплексов в мировой практике, численное моделирование, ввиду сложности решаемых задач, требует от пользователя не только большого опыта, но и глубоких знаний в оползневедении. Это означает, что ставшие уже "традиционными" методы предельного равновесия должны по-прежнему применяться, в том числе для контроля результатов расчёта, полученных с помощью МКЭ и современных программных комплексов.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Федоренко Е.В. Метод расчета устойчивости путем снижения прочностных характеристик. Транспорт РФ. 2013. № 6 (49). С. 24–26
2. Полканов В.Н., Полканова А.В. Опыт изучения инженерно-геологических условий устойчивости склонов и откосов искусственных сооружений. – Кишинэу: Editura "Tehnica – UTM", 2017. – 184с. ISBN 978-9975-45-477-3.
3. Полканов В.Н., Поповский В.О. Учет реологических свойств грунтов при назначении комплекса противооползневых мероприятий на автомобильных дорогах Молдовы//Conf. tehnico-științifică. Vol. II – Ch.: UTM, 2009. – С. 479-486.
4. Рекомендации по выбору методов расчета устойчивости склона и оползневого давления. -М.: ЦБНТИ, 1986.
5. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. - М.: ПНИИИС Госстроя России, 2000.