

УДК 624.131

Кырлан А.В.*

Определение прочностных характеристик глинистых грунтов для обеспечения устойчивости откосов выемок с помощью программного комплекса PLAXIS

Abstract

The object of this study is to determine the values of strength properties of clay soils, at which is possible loss of stability of excavation slopes on M21 highway (Chisinau-Poltava). The values of the stability coefficient of 8 excavation slopes were determined using the program Plaxis. The value of total cohesion C and internal friction angle φ , corresponding to the limit of the excavation slopes, was determined using method "phi / c reduction".

Key words: FEM, slope, excavation, stability, PLAXIS.

Rezumat

Scopul acestei lucrări este determinarea caracteristicelor de rezistență a pământurilor argiloase, la care e posibilă pierderea stabilității taluzurilor de debleu de pe traseul național M21 (Chișinău-Poltava). Folosind complexul de calcul Plaxis, au fost determinate valorile coeficientului de stabilitate a 8 taluzuri de debleu. Cu ajutorul metodei "phi/c reduction" au fost obținute valorile coeziunii totale C ғі unghiului de frecare interioară φ , ce corespund stării limită a taluzurilor de debleu.

Cuvinte cheie: MEF, taluz, debleu, stabilitate, PLAXIS

Резюме

Целью данной работы является определение значений прочностных характеристик глинистых грунтов, при которых возможна потеря устойчивости откосов выемок на трассе M21 (Кишинэу-Полтава). Используя расчётный комплекс Plaxis, определены значения коэффициента устойчивости 8-и откосов выемок. Методом "phi/c reduction" получены значения сцепления C и угла внутреннего трения φ , соответствующие предельному состоянию откоса выемок.

Ключевые слова: МКЭ, откос, выемка, устойчивость, PLAXIS.

Введение

Проблема определения прочностных характеристик для расчёта устойчивости склонов и откосов выемок остаётся актуальной в нашей стране. Сложность решения данной проблемы заключается не только в необходимости познания природы прочности и определения реологических характеристик грунтов [1, 2, 3], слагающих склоны республики, но и в отсутствии нового

* Технический Университет Молдовы

квалифицированного научного персонала и лабораторной базы. Взамен уходящего опытного персонала, формирование нового научно-подготовленного поколения специалистов в этой области, не наблюдается. Последние годы, не отмечаются вкладом в обновление лабораторного оборудования, открытием новых лабораторий, их оснащением современными вычислительными комплексами.

Научно-исследовательские институты, которые, по сути, должны быть заинтересованы в изучении этой проблемы и предлагать современные, научно аргументированные методы определения прочностных и реологических характеристик грунтов, и как результат, внести изменения или обновить нормативную документацию, остаются в стороне.

Как следствие, молодые проектировщики из-за отсутствия возможности выполнить необходимые экспериментальные исследования по определению физико-механических характеристик грунтов, а также, навыков использования программных комплексов для расчёта устойчивости склонов и откосов выемок или строительства на склонах пользуются характеристиками грунтов в соответствии с СНиП 2.02.01-83, не задумываясь о правильности данного выбора. В тоже время, в п.6.1 и п.6.2 СНиПа отмечено, что для проектирования оснований сооружений необходимо учитывать тот факт, что грунты имеют способность снижения прочностных характеристик во времени, а возможность и степень снижения нужно устанавливать опытным путём в полевых или лабораторных условиях.

В настоящей работе приводится материал, раскрывающий возможности программного комплекса Plaxis, для прогноза устойчивости откосов выемок и назначения характеристик прочности.

Объект и результаты исследования. Дискуссия

Данные исследования направлены на определение прочностных характеристик глинистых грунтов, при которых происходит потеря устойчивости откосов выемок и сравнение их с нормативными и экспериментальными данными.

В качестве объекта исследования были выбраны 8 откосов выемок, расположенных на трассе М21 (Кишинэу-Полтава). Выемки, раскрытые по характеристикам, отвечающим строительным нормам, оказались подвержены оползневой деформациям. Их профили и геологическое строение представлены на рис. 1. Исходные данные физико-механических свойств приведены в табл. 1.

Для проведения расчётов был выбран программный комплекс Plaxis, возможности и преимущества которого неоднократно доказаны [4, 5, 6]. Данный комплекс позволяет определить коэффициент устойчивости склонов и откосов выемок на основе метода “phi/c reduction”. Суть метода заключается в последовательном уменьшении значений угла внутреннего трения и сцепления до потери устойчивости массива грунта. Для определения прочностных параметров грунта при потере устойчивости используется общий множитель ΣM_{sf} :

$$\sum M_{sf} = \frac{\operatorname{tg} \varphi_{input}}{\operatorname{tg} \varphi_{reduced}} = \frac{c_{input}}{c_{reduced}}; \quad (1)$$

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

Полученные результаты расчёта устойчивости откосов выемок представлены в табл. 2.

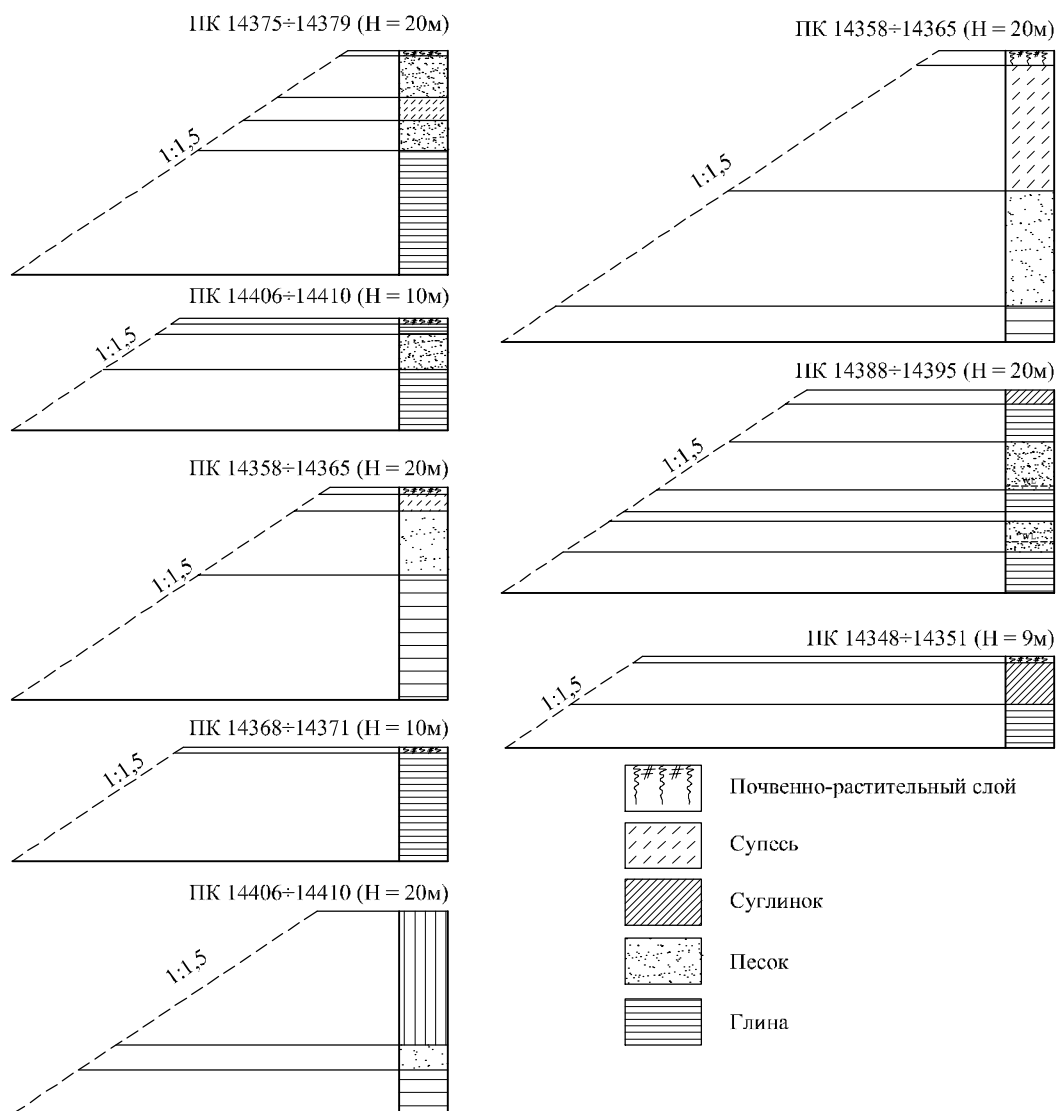


Рис. 1. Профили и геологическое строение откосов выемок

Таблица 1.

Нормативные физико-механические характеристики грунтов в соответствии с
Приложением 1, СНиП 2.02.01-83

Характеристики грунтов		Наименование грунтов			
		Супесь	Суглинок	Песок	Глина
Набор материала (Material set)	Material model (Модель материала)	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
	Material type (Тип материала)	UnDrained	UnDrained	UnDrained	UnDrained
Общие свойства (General proprieties)	γ_{unsat} (кН/м ³)	17,0	17,0	16,0	18,0
	γ_{sat} (кН/м ³)	19,0	19,0	19,0	19,0
Водопроницаемость (Permeability)	k_x (м/сут.)	0,40	0,10	10,0	0,0001
	k_y (м/сут.)	0,40	0,10	10,0	0,0001
Жёсткость (Stiffness)	E_{ref} (кН/м ²)	14000	19000	28000	21000
	ν	0,3	0,35	0,3	0,42
Прочность (Strength)	c_{ref} (кН/м ²)	13	28	2	57
	φ (град.)	24	22	32	18

Таблица 2.

Коэффициент устойчивости откосов выемок и прочностные характеристики грунтов

№	Пикетаж откоса выемки	Коэффициент устойчивости для нормативных значений характеристик грунтов	Прочностные характеристики глинистых грунтов			
			нормативные значения		при потере устойчивости $K_{уст} \approx 1$	
			C (кН/м ²)	φ (град.)	c_{ref} (кН/м ²)	φ (град.)
1	ПК 14375÷14379	1,40	57	18	32	9
2	ПК 14406÷14410	1,89			19	6
3	ПК 14358÷14365	1,48			30	9,5
4	ПК 14368÷14371	2,80			20,1	6,4
5	ПК 14406÷14410	1,49			23,7	7,5
6	ПК 14358÷14365	1,11			32,4	10,2
7	ПК 14388÷14395	1,12			35,6	11,3
8	ПК 14348÷14351	3,21			14,3	4,5

Анализ полученных результатов выявил несоответствие в завышенных значениях коэффициента устойчивости и действительным состоянием откосов. Другими словами, отмечено противоречие, когда выемки, подверженные деформациям (выявлены в результате визуального обследования) характеризуются коэффициентами устойчивости, значительно превосходящими единицу. Это может быть объяснено тем, что прочностные характеристики глинистых грунтов, слагающих откосы выемок, используемые для расчёта, были приняты явно завышенными и как следствие, при проектировании откосов выемок назначались без учёта снижения прочностных характеристик во времени.

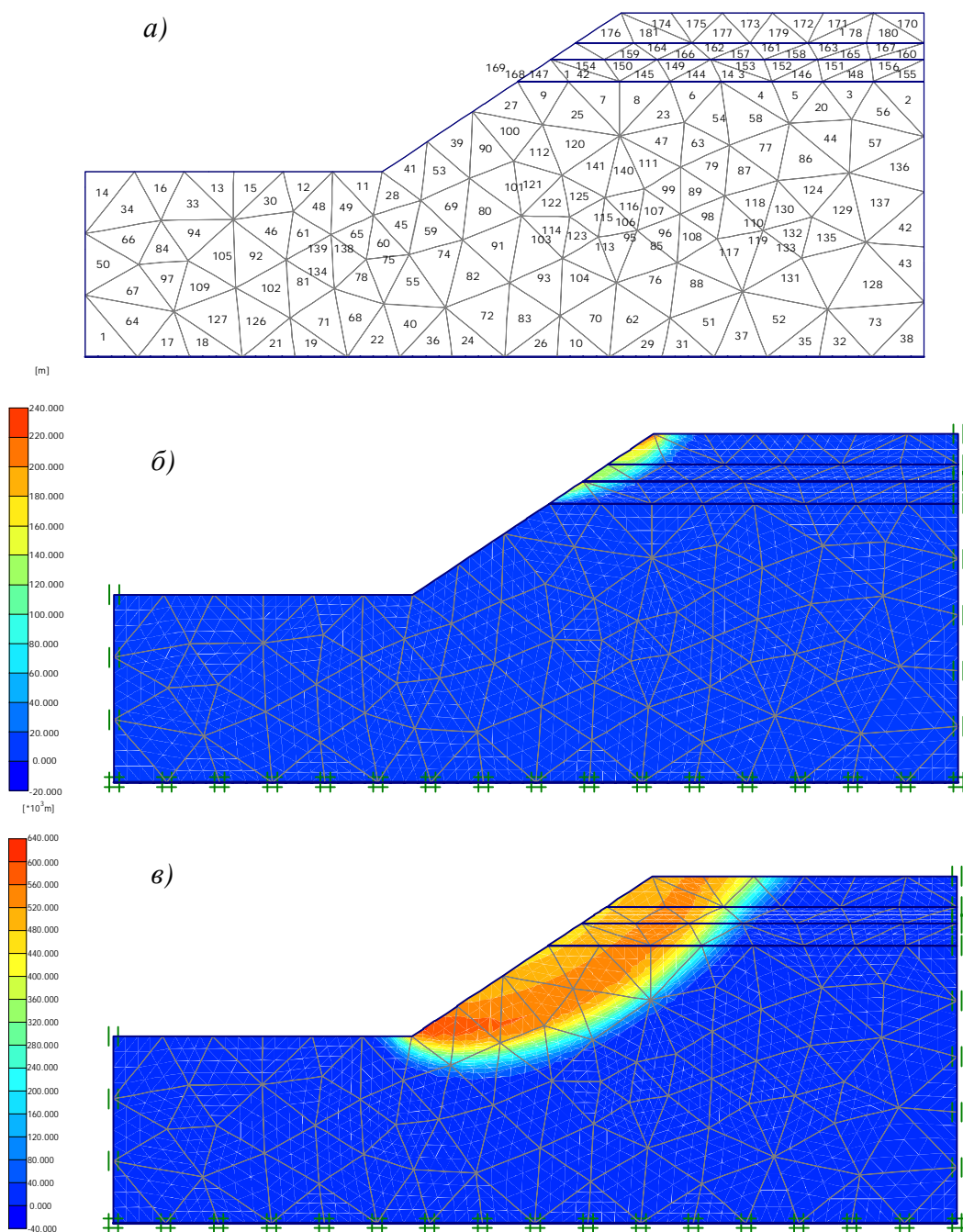


Рис. 2. Результаты расчёта устойчивости откоса выемки ПК 14375÷14379 с помощью PLAXIS: а) расчётная схема; б) изополя тотальных деформации для физико-механических свойств грунтов в соответствии с СНиП 2.02.01-83; в) изополя тотальных деформации после снижения прочностных характеристик глин до значений, отвечающих условию $K_{уст} = 1$.

Используя формулу (1) были определены характеристики глинистых грунтов, при которых откосы выемок теряют свою устойчивость, то есть при $K_{уст} \leq 1$ (табл. 2). Пример графической интерпретации результатов, до и после снижения прочностных характеристик, представлены на рис. 2.

Полученные результаты сцепления C и угла внутреннего трения φ намного ниже тех, которые предлагают строительные нормы [7]. Применительно к рассматриваемым случаям, они соответствуют результатам лабораторных испытаний для подготовленной и подготовленной увлажнённой поверхности.

Выводы

1. Прочностные характеристики, приведённые в *Приложение 1*, СНиП 2.02.01-83, не могут быть использованы в качестве расчётных значений при оценке длительной устойчивости выемок, раскрываемых в глинистых грунтах.

2. Для выбора надёжных значений параметров длительной прочности необходимо разработать методику, которая позволит устанавливать “служебную прочность” с достаточной степенью достоверности.

3. Полученные автором результаты указывают на возможность применения метода “phi/c reduction” программного комплекса PLAXIS при проектировании поперечных профилей выемок с надёжным запасом устойчивости.

Литература

1. ОДМ 218.2.006-2010 Рекомендации по расчету устойчивости оползнеопасных склонов (откосов) и определению оползневых давлений на инженерные сооружения автомобильных дорог. Росавтодор. М.: Инфортавтодор, 2010. 114 с.
2. Полканов В.Н. Роль реологических процессов в развитии оползней на территории Молдовы. Кишинэу, ТУМ, 2013. 176 с.
3. Рекомендации по количественной оценке устойчивости оползневых склонов / ПНИИИС. М.: Стройиздат, 1984. 80 с.
4. Cîrlan A. Cu privire la evaluarea gradului de stabilitate a debleurilor folosind programul de calcul Plaxis // Materialele conferinței tehnico-științifice internaționale “Probleme actuale ale urbanismului și amenajării teritoriului”, Ed. a 8-a, Vol. 3, (17-19 noiembrie 2016). Chișinău: UTM. 2016. P. 83-88.
5. Федоренко Е. В. Метод расчета устойчивости путем снижения прочностных характеристик. Транспорт РФ. 2013. № 6 (49). С. 24–26.
6. Леханова К.В., Новозинский А.Л. Сравнение численных и аналитических методов расчета устойчивости грунтовых откосов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2011. № 1. С. 45–50.
7. СНиП 2.02.01-83. Основания и фундаменты. Госстрой СССР. М. Стройиздат, 1984, 39 с.

Primit la redactie -20 decembrie 2016