

УДК 624.135.37.

## **ПРОГНОЗ ДЛИТЕЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СКЛОНОВ И ОТКОСОВ С УЧЁТОМ ДЕФОРМАЦИЙ ПОЛЗУЧЕСТИ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ.**

*Посуховский А.К., Мосичева И.И.*

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры  
г. Одесса, Украина.*

Значительные перепады отметок между склонами и откосами, примыкающими к районам морских и речных портов, и поверхностью дна причалов создают благоприятные условия для проявления свойств ползучести глинистых грунтов, слагающих тело и основание этих сооружений.

В настоящей статье в качестве примера проявления этих свойств рассмотрен свободный однородный склон, примыкающий к причалу №1 порта Южный, на котором расположена территория Одесского припортового завода (ОПЗ).

ОПЗ представляет собой узел в составе морского торгового порта Южный, на котором осуществляется переработка и хранение опасных и вредных для окружающей среды грузов: аммиака, метанола и др. Расположение завода с такими грузами на склоне, потенциально подверженном оползневому явлению, побудило в 1986 году приступить к закладке геодезической наблюдательной сети с целью осуществления контроля за деформациями склона. О грунтовых условиях на территории ОПЗ можно судить по типичному для данного района геолого-литологическому разрезу, приведенному на рисунке 1.

Геодезическая сеть, включающая 440 марок, состоит из продольных створов и поперечников, проложенных по двум террасам склона на отметках +9,2 м и +24,9 м.

Инструментальные наблюдения за смещением марок проводились институтом «ЧерноморНИИпроект» [1], начиная с 1986 года, и продолжаются в настоящее время.

На рисунке 2 приведены типичные графики смещения двух марок, из которых следует, что за 14 лет наблюдений стабилизация склона не наблюдается. При этом следует отметить, что проектный профиль указанного склона был установлен в результате расчёта его устойчивости с использованием в качестве исходных данных по грунту его основания (суглинка тугопластичного) значений характеристик прочности ( $\varphi$  и  $c$ ), определённых по стандартной методике [2], т. е. без учёта возможности проявления деформаций ползучести, обусловленных вышеуказанными причинами.

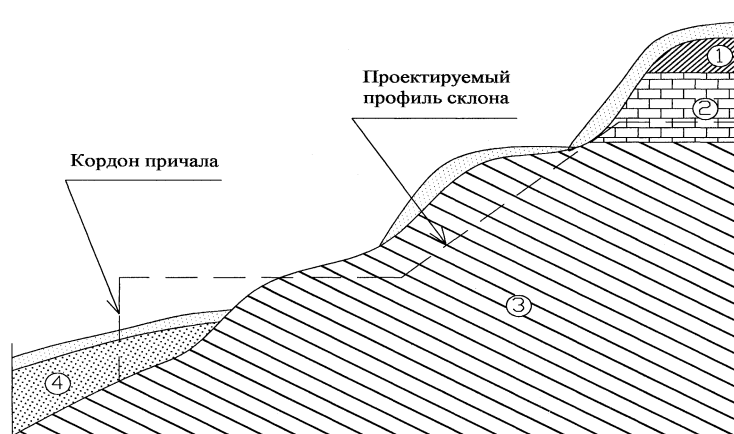


Рис. 1. Геолого-литологический разрез склона в районе причала № 1 порта Южный: 1 – глина понтическая; 2 – известняк; 3 – суглинок тугопластичный; 4 – ил.

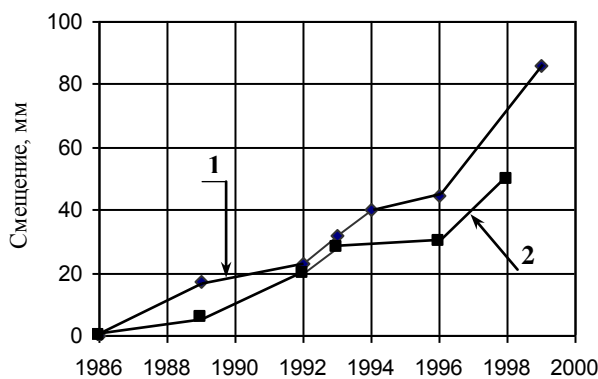


Рис. 2. Графики смещений узловых марок в районе 1-го причала п. Южный: 1 – марка на отметке + 9,2 м; 2 – марка на отметке + 24,9 м.

С целью учёта возможности проявления этих деформаций при расчёте устойчивости рассматриваемого склона были выполнены лабораторные исследования по определению характеристик так называемой «длительной» прочности грунта, слагающего его основание. Определение характеристик «длительной» прочности производилось двумя методами: методом проф. Н.Н. Маслова «плашка по плашке» [3] и ускоренным методом при

ступенчато-возрастающей сдвигающей нагрузке проф. С.С. Вялова [4]. Из указанных двух методов в практике расчёта устойчивости склонов и откосов, как правило, используется первый [5].

Программой указанных исследований предусматривалось выполнение следующих трёх серий испытаний:

– серия 1: консолидированно-недренированный (быстрый) сдвиг образцов ненарушенной структуры в приборе одноплоскостного среза модели ВСВ-25 конструкции института «Гидропроект» по схеме непрерывно возрастающей сдвигающей нагрузки с постоянной скоростью, равной 2-3 мм/мин;

– серия 2: то же, образцов нарушений структуры методом «плашка по плашке» по несмоченной поверхности их раздела, полученной после проведения опытов серии 1;

– серия 3: консолидированно-дренированный (медленный) сдвиг образцов ненарушенной структуры в приборе одноплоскостного среза модели ПСГ-2М конструкции института «Гидропроект» по ускоренному методу проф. С.С. Вялова со временем выдержки каждой ступени нагрузки  $\Delta\tau = \tau_{сг} / 10$  в течение 60 мин, где  $\tau_{сг}$  – «стандартная» прочность, определяемая по результатам испытаний серии 1.

Целью опытов серии 1 являлось получение характеристик ( $\varphi_{сг}$  и  $c_{сг}$ ) «стандартной» или условно-мгновенной прочности ( $\tau_{сг}$ ), а целью опытов серий 2 и 3 – получение характеристик ( $\varphi_{\infty}$  и  $c_{\infty}$ ) «длительной» прочности ( $\tau_{\infty}$ ) исследуемого глинистого грунта по двум указанным методам.

Всего было выполнено 54 испытания (по 18 каждой серии) при трёх значениях вертикального давления  $P$ , равного 0,1; 0,2 и 0,3 МПа с шестикратной повторяемостью при каждом значении  $P$ .

Предварительное уплотнение испытываемых образцов грунта перед срезом производилось в уплотнителе модели УГПС конструкции института «Гидропроект».

Результаты выполненных и обработанных в соответствии с [6] исследований представлены на рисунке 3 в виде графиков зависимости нормативных значений сопротивления сдвигу ( $\tau_n$ ) от вертикального давления ( $P$ ) и таблице 1 нормативных и расчётных значений характеристик прочности ( $\varphi$  и  $c$ ), определённых с использованием этих графиков и указаний [2].

На рисунке 3 приведен график 4 зависимости  $\tau_n = f(P)$ , полученный по результатам испытаний [1] образцов ненарушенной структуры исследуемого грунта в приборе дискретного деформирования методом ступенчато-релаксирующего нагружения. Полученные в результате этих испытаний значения характеристик длительной прочности ( $\varphi_{\infty}$  и  $c_{\infty}$ ) приняты нами

в качестве «истинных» т.е. тех, которые получаются при выполнении опытов на ползучесть по классической схеме их проведения [4].

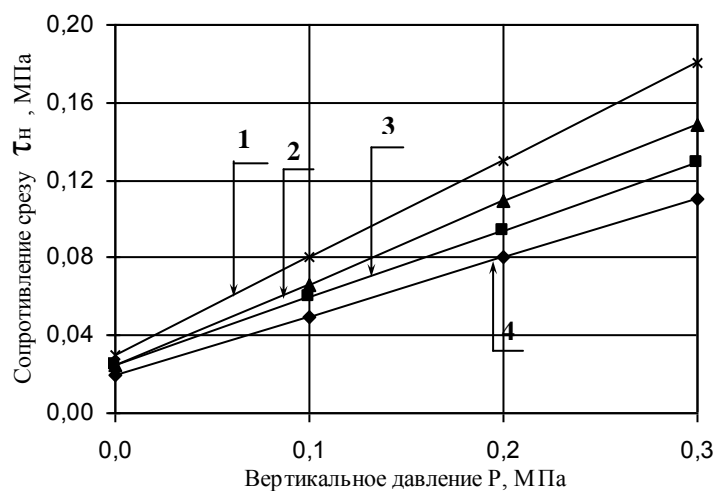


Рис. 3. Графики зависимости  $\tau_n = f(P)$  суглинка тугопластичного:  
1 – по опытам серии I; 2 – по опытам серии II; 3 – по опытам серии III;  
4 – по опытам на ползучесть методом дискретного деформирования.

Таблица 1.  
Нормативные и расчётные значения характеристик прочности суглинка тугопластичного

Наименование характеристики	Условное обозначение	Единица измерения	Значения характеристик	
			нормативное	расчётное при $\alpha = 0,95$
Угол внутреннего трения стандартной прочности	$\varphi_{ст}$	град.	27	24
Удельное сцепление стандартной прочности	$c_{ст}$	МПа	0,029	0,019
Угол внутреннего трения длительной прочности по методу «плашка по плашке»	$\varphi_{\infty 1}$	град.	23	15

Удельное сцепление для длительной прочности по мето- ду «плашка по плашке»	$c \infty 1$	МПа	0,018	0,015
Угол внутреннего трения длительной прочности по ускор. методу С.С. Вялова	$\varphi \infty 2$	град.	19	17
Удельное сцепление дли- тельной прочности по ускор. методу С.С. Вялова	$c \infty 2$	МПа	0,016	0,012

С использованием полученных результатов лабораторных исследований, приведенных в указанной таблице, выполнен расчёт устойчивости рассматриваемого склона методом круглоцилиндрических поверхностей скольжения по упрощённой формуле Р.Р.Чугаева [3] для определения величины коэффициента запаса ( $\kappa_3$ ).

По результатам выполненного расчёта получены величины коэффициента  $\kappa_3 = 1,42; 1,21$  и  $0,98$  с использованием расчётных значений угла внутреннего трения и удельного сцепления, определённых по результатам испытаний серии 1, 2 и 3, соответственно.

Из приведенных величин коэффициента запаса следует, что склон устойчив при использовании в качестве исходных данных по грунту основания значений прочности  $\varphi_{ст}$ ,  $c_{ст}$  и  $\varphi \infty 1$ ,  $c \infty 1$ , и неустойчив при значениях  $\varphi \infty 2$  и  $c \infty 2$ .

Следует отметить, что величина коэффициента запаса рассматриваемого склона ( $\kappa_3$ ), определенная в результате выполненного расчёта его устойчивости тем же методом, но с использованием «истинных» значений характеристик «длительной» прочности грунта основания, оказалась равной 0,87, что на 13% ниже его значения, полученного в результате расчёта устойчивости с использованием значений  $\varphi \infty 2$  и  $c \infty 2$ , определённых ускоренным методом проф. С.С. Вялова.

## ВЫВОДЫ.

1. Применяемая в настоящее время методика определения характеристик «длительной» прочности глинистых грунтов «плашка по плашке» при расчёте устойчивости склонов и откосов с учетом деформаций ползучести может приводить в ряде случаев к неоправданному прогнозу их устойчивости, что в свою очередь, может привести к авариям возведенных на этих склонах и откосах зданий и сооружений.

2. Учитывая допустимую погрешность выполнения инженерных расчётов, оцениваемую величиной 15%, ускоренный метод проф. С.С. Вялова следует признать вполне приемлемым для использования его при выполнении расчётов «длительной» устойчивости склонов и откосов с учетом деформаций ползучести глинистых грунтов, слагающих их основания. При этом время, необходимое для определения характеристик «длительной» прочности ускоренным методом проф. С.С. Вялова, оказывается [1] примерно в 50 раз меньше времени, необходимого для определения «истинных» значений этих характеристик.

#### ЛИТЕРАТУРА.

1. Г.М. Бич. Длительная прочность грунтов и методы её определения. Типография «Моряк», Одесса, 1998, 56с.
2. ГОСТ 12248-96. ГРУНТЫ. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости.
3. Н.Н. Маслов. Основы механики грунтов и инженерной геологии. Издательство «Высшая школа», М., 1968, 629с.
4. С.С. Вялов. Реологические основы механики грунтов. Издательство «Высшая школа», М., 1978, 447с.
5. А.Я. Туровская и А.С. Пергаменщиков. Сопротивление сдвигу глинистых грунтов в зоне оползневого смещения. Сб. «Вопросы геотехники» №7, Изд-во «ТРАНСПОРТ», М., 1964, с. 69-82.
6. ГОСТ 20522-96. ГРУНТЫ. Методы статистической обработки результатов определения характеристик.