

УДК 519.6

**ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ОПОЛЗНЕВЫХ СКЛОНОВ В  
НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ИНЖЕНЕРНО – ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И  
СЕЙСМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

***Менабдишвили П.З.,***  
***академик инженерной академии Грузии, доктор техн. наук, профессор***  
*Национальное бюро судебной экспертизы им. Л. Самхараули*  
*Центр строительной механики, сейсмостойкости и инженерной*  
*экспертизы, Тбилиси*

Проблемы оценки и устойчивости склонов и прогноза оползней приобрели особую актуальность в последние десятилетия. Это вызвано двумя причинами. Во-первых, при современном дефиците свободных земельных площадей постоянно расширяется освоение оползневых территорий под строительство и для сельскохозяйственных целей. Другой причиной является интенсификация вмешательства человека в геологическую среду, что вызывает ряд неблагоприятных явлений, в том числе активизацию имеющихся и возникновение новых оползней. Согласно мировой статистике, в современной обстановке с инженерно-хозяйственной деятельностью связано около 80% оползневых смещений. Известно, что оползни причиняют огромный материальный ущерб, а в ряде случаев вызывают и человеческие жертвы.

Обеспечение надежности возводимых зданий и сооружений в неблагоприятных инженерно-геологических условиях является одной из важнейших задач. Наиболее распространенным способом оценки устойчивости склонов и откосов являются расчеты, выполнение которых неизбежно связано со значительной схематизацией всего явления, необходимостью достоверного установления положения поверхности скольжения и ее формы, определения прочности пород в пределах поверхности скольжения и т. д. Такая схематизация часто вызывает существенные отклонения схемы расчета от действительной природы оползня, что приводит к неверной оценке устойчивости склона. Происходит это потому, что реальная поверхность скольжения имеет гораздо более сложную конфигурацию, чем предусмотренная схемой расчета или потому, что действительное смещение осуществляется не по одной поверхности, а в пределах зоны, сложенной грунтами пониженной прочности или повышенных скальвающих напряжений. В большей части расчетов недостаточно полно учитывается напряженное состояние пород в зоне скольжения, распределение напряжений в оползневом склоне и его влияние на формирование прочности и устойчивости грунтов. Несмотря на относительную простоту расчетов, получаемые оценки устойчивости склонов и откосов во многих случаях не обладают необходимой надежностью. Наиболее достоверными они оказываются в простейших случаях: при однородном строении массивов пород и относительно простой конфигурации поверхности оползневых склонов. При необходимости учета неоднородности геологического строения,

отсутствии сведений о механизме смещения и положении поверхности скольжения, изложенные выше расчеты усложняются и часто оказываются бесполезными. Все они могут быть использованы, при строгом выполнении тех упрощений и допущений, на которые каждый из них базируется.

С нашей точки зрения, наиболее перспективными для решения задачи напряженно – деформированного состояния и устойчивости склонов и откосов, являются методы моделирования, основанные для решения дифференциальных уравнений описывающих это состояние с использованием методов физического моделирования, и компьютеров.

В настоящей работе с применением метода конечных элементов (МКЭ) разрабатывается методика расчета склонов с учетом влияния возводимых сооружений в неблагоприятных и в сейсмических условиях.

Расчет производится шагово-итерационным методом на основе физически нелинейного конечного элемента. Учет специфики грунтов производится на основании зависимости Мора-Кулона для максимального касательного напряжения:

$$\tau_{max} \leq -\tan \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} + c \quad (1)$$

Если главные напряжения  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  удовлетворяют неравенством:

$$\begin{aligned} \sigma_1 &\leq R_s & \sigma_2 &\leq R_s \\ \sigma_1 - \sigma_2 &\leq -\sin \varphi (\sigma_1 + \sigma_2) + 2c \cos \varphi \end{aligned} \quad (2)$$

то производится линейный расчет, в противном случае происходит итерационный процесс. Задача рассматривается с учетом сдвига по схеме плоской деформации.

Преимущество такого подхода заключается в том, что при исследовании устойчивости склонов и откосов можно получить поверхность скольжения и установить коэффициент устойчивости не по заранее заданной кривой, а исходя из реального напряженно-деформированного состояния и поля устойчивости.

Применение разработанной методики оценки устойчивости склонов и откосов, в неблагоприятных и сейсмических условиях позволяет при любом наклоне и любом составе грунтов склона определить напряженно-деформированное состояние, получить поле устойчивости, выявить поверхность скольжения, установить коэффициент устойчивости, выбрать оптимальный вариант фундаментов для возводимых зданий и оценить эффективность противоположных сооружений.

В качестве примеров приведены устойчивость реальных склонов с учетом 8-ми бальной сейсмичности. Получено напряженно-деформированное состояние, поле коэффициентов устойчивости и получена возможная линия скольжения склона.

На рис. 1 показан сдвиг склона, когда обоснование фундамента осуществляется на слабо истощенный слой на сваях. Сильно истощенные и истощенные породы моделированы как аргиллиты. На рис. 2 показан сдвиг

склона, когда обоснование фундамента осуществляется на слабо истощенный слой на сваях. Сильно истощенные и истощенные породы моделированы как аргиллиты, которые содержат 30% песчаника. На рис. 3 показан фрагмент оползневого склона без укрепления. На рис. 4 показан фрагмент оползневого склона укрепленного зигзагообразными сваями.

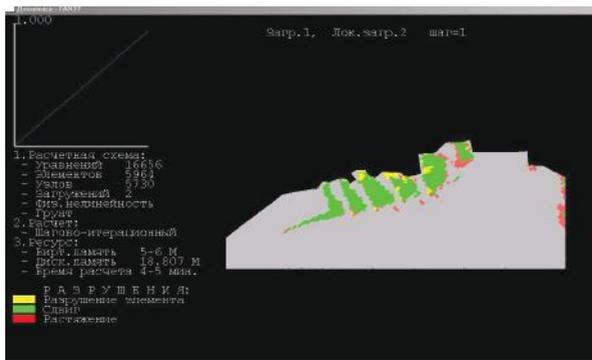


Рис. 1. Обоснование фундамента осуществляется на слабо истощенный слой на сваях

Сильно истощенные и истощенные породы моделированы как аргиллиты.

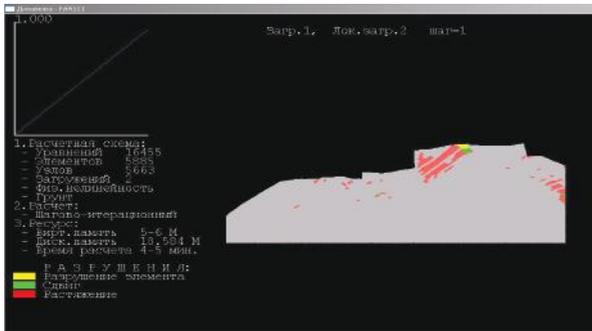


Рис. 2. Обоснование фундамента осуществляется на слабо истощенный слой на сваях

Сильно истощенные и истощенные породы моделированы как аргиллиты, которые содержат 30% песчаника.

Проект осуществлен при финансовой поддержке Национального научного фонда Грузии (грант RF/167/3-101/11). Идей высказанные в данной публикации принадлежит автору, и могут не соответствовать взглядам Национального научного фонда Грузии.

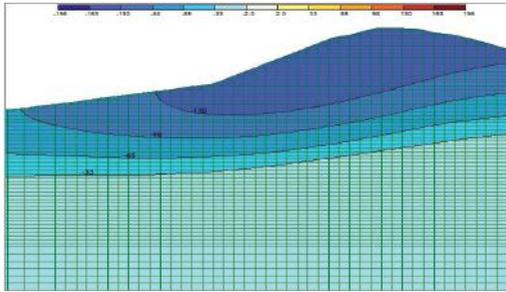


Рис. 3. Фрагмент оползневого склона без подкрепления

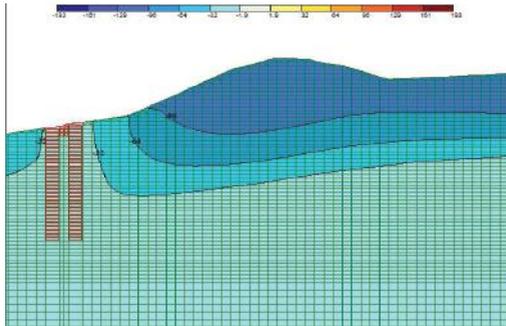


Рис. 4. Фрагмент оползневого склона подкрепленного зигзагообразными сваями

### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Менабдишвили П. З., Исследование напряженно-деформированного состояния и оценка устойчивости склонов и откосов. X Международный симпозиум „Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред“, Москва 2004.
2. Papuna Menabdishvili, Nelli Eremadze, A ssesment of Slope Stability and Interferense of Structures Considering Seismity in Complex Engineering-Geological Conditions Using the Method of Finite Elements, 2008 Seismic Engheerig Conferense Commemorating the 1908 Messina and Reggio Calabria Earthquake Reggio Calabria, Itali 8-11 Juli 2008, 535-541.
3. Менабдишвили П. З.- Оценка устойчивости и откосов в неблагоприятных инженерно-геологических и сейсмических условиях. Международная научная конференция. Ашхабад, 12-14 июня 2013.
4. Ильющин А.А - Механика сплошной среды, изд. Московского университета 1990.
5. Ухов С.Б; Семенов В.В, Знаменский В.В, Тер-мартirosян З.Г, Чернышев С.М-Механика грунтов, основания и фундаменты - М. АСВ1994-524с.