

Алексей Алексейевич **ВОВК**

Юурий Иванов **КАЛЮХ**

Академия Наук Улраины, Киев

Jan **ZYCH**

Instytut Geomechaniki, Budownictwa Podziemnego
i Ochrony Powierzchni Politechniki Śląskiej, Gliwice

МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ГРУНТА

Резюме. Расчет устойчивости склонов является важным элементом проектных работ. В качестве элемента экспериментально-аналитической системы для непрерывной регистрации и идентификации напряженно-деформированного состояния грунта предлагается использовать любую протяженную систему или конструкцию, оснащенную измерительными датчиками и элементами.

В настоящее время метод идентификации оползневоего давления в склоне находится в стадии внедрения.

METODA IDENTYFIKACJI STANU NAPRĘŻENIOWO-DEFORMACYJNEGO W GRUNCIE

Streszczenie. Racjonalne metody projektowania skarp wiążą się z określeniem dopuszczalnych deformacji skarp w zależności od sposobu ich wykorzystania i otaczającego terenu. Dlatego też obliczenia stateczności skarp stanowią jeden z podstawowych problemów badawczych mechaniki gruntów.

W artykule przedstawiono metodę obliczeń opartą na rozwiązaniu analityczno-eksperymentalnym przy wykorzystaniu metody nieliniowego programowania wg różnych rozwiązań teoretycznych.

Rezultaty pracy są aktualnie weryfikowane na terenach miasta Jałta.

METHOD OF IDENTIFICATION OF STRAINS AND STRESSES IN SOILS

Summary. Rational methods of a slope design relate to the determination of admissible deformation of slopes depending on the way of their usage and on the surrounding land. This is why the stability of slopes is one of the fundamental research problems in soil mechanics. A calculation method based on an analytical-empirical solution has been presented in the paper. The method was developed with application of nonlinear programming according to various theoretical solutions. At present, the work results are being verified in the city of Yalta.

Рациональное проектирование склонов связано с определением допустимых деформаций грунта в зависимости от использования склона и прилегающих к нему территорий. Если эта территория и склоны не используются в строительных работах, то можно допустить значительные деформации грунта при условии, что в результате оползания не произойдет до неконтролируемых явлений (обвалов, разрушений и т. д.) [1, 2]. Если же строения находятся вблизи склона или коммуникаций проложенных под ним, то даже небольшие деформации грунта могут вызвать серьезные последствия. В этом случае при проектных работах необходимо исходить из более низкого среднего уровня напряжений в грунтах склона [1].

Расчет устойчивости склонов является таким же важным элементом проектных работ, как проектирование дренажа и выбор способа строительных работ. Для определения устойчивой формы откоса необходима количественная оценка механических свойств грунтов. В реальных условиях, обычно встречаемых в строительстве, в частности, при проектировании выемок и склонов, методы расчета для достаточно точной оценки деформации должны были бы учитывать характер зависимости напряжение - деформация, в том числе между максимальной и остаточной прочностью грунта на сдвиг, анизотропию грунта, распределение изменяющегося порового давления, неоднородность грунта, обусловленную изменением его свойств с глубиной, слоистостью и трещиноватостью, начальные условия по естественным напряжениям в грунте и влиянием строительства на изменение характеристик грунта [1, 3]. Большая часть перечисленных факторов оказывает решающее влияние на поведение склона, и если бы даже имелись надежные аналитические методы для прогноза деформаций, определение всех факторов в необходимом для ее расчета виде было бы трудно осуществить на практике. Соответствующие аналитические методы еще недостаточно разработаны.

Наибольший успех достигнут с помощью применения метода конечных разностей и метода конечных элементов [4].

В связи с вышеизложенным актуальным в настоящее время является разработка экспериментально-аналитических экспертных систем и методов непрерывной регистрации и идентификации напряженно-деформированного состояния грунта и выработка соответствующих рекомендаций по мерам противооползневой системы для непрерывной регистрации и идентификации напряженно-деформированного состояния грунта предлагается использовать любую протяженную систему или конструкцию, оснащенную измерительными датчиками и элементами, которая является неотъемлемой частью фундамента сооружения или противооползневой стенки (балка, плита, свая, перекрытие и т.д.).

Рассмотрим математическую формулировку метода идентификации напряженно-деформированного состояния склона, когда в качестве протяженного элемента используется свая противооползневой стенки в общей экспертной системе. Уравнения статики стержня, аппроксимирующего сваю и находящегося под действием пространственно-неоднородного поля сил в проекциях на вектора единичного текущего трехгранника \bar{t} , \bar{n} и \bar{b} можно записать [5]:

$$\frac{\partial N_1}{\partial S} + K_1 N_3 - K_3 N_2 + \bar{F}^{(E)} \bar{n} + \bar{F}^{(M)} \bar{n} = 0$$

$$\frac{\partial N_2}{\partial S} + K_3 N_1 + K_2 N_3 + \bar{F}^{(E)} \bar{b} + \bar{F}^{(M)} \bar{b} = 0$$

$$\frac{\partial N_3}{\partial S} - K_1 N_1 - K_2 N_2 + \bar{F}^{(E)} \bar{t} + \bar{F}^{(M)} \bar{t} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial M_1}{\partial S} + K_1 M_3 - K_3 M_2 - N_2 + \bar{m}^{(E)} \bar{n} + \bar{m}^{(M)} \bar{n} = 0$$

$$\frac{\partial M_2}{\partial S} + K_3 M_1 + K_2 M_3 + N_1 + \bar{m}^{(E)} \bar{b} + \bar{m}^{(M)} \bar{b} = 0$$

$$\frac{\partial M_3}{\partial S} - K_1 M_1 - K_2 M_2 + \bar{m}^{(E)} \bar{t} + \bar{m}^{(M)} \bar{t} = 0$$

Здесь N_1 и N_2 - пререзывающие силы, N_3 - продольное усилие, K_i - кручение ($i = 1, 2, 3$), M_i - моменты в соответствующих плоскостях, $\bar{F}^{(E)}$ и $\bar{F}^{(M)}$ - результирующие векторы массовых и поверхностных сил, $\bar{m}^{(E)}$ и $\bar{m}^{(M)}$ - моменты этих сил, S - лагранжева координата, отсчитываемая вдоль стержня.

В качестве краевых условий для системы уравнений (1) используются конкретные условия закрепления противоположной сваи в ростверке (при $S=0$) и в грунте (при $S=L$). Здесь L - длина сваи. Идентификация текущего напряженно-деформированного состояния в грунте производится путем решения обратной задачи по определению напряженно-деформированного состояния протяженной системы (стержня), находящегося под действием пространственно-неоднородной распределенной нагрузки. Текущие параметры распределенной нагрузки определяются эволюцией грунта в склоне, прилегающем к свае. Таким образом, на основе текущих характеристик НДС (напряженно-деформированное состояние) сваи (напряжений деформаций, ориентации в пространстве и т.д.), определяются характеристики распределенной нагрузки вызвавшей это состояние и ориентацию сваи в пространстве. Исходя из взаимосвязи распределенной нагрузки и состояния грунта, определяются текущие параметры напряженно-деформированного состояния последнего.

Задача по определению напряженно-деформированного состояния сваи является статически неопределимой и может быть решена с помощью метода решения краевых и оптимальных задач статики распределенных систем, разработанного и апробированного в диссертации Калюха Ю.И. [5].

Ввиду того, что в результате измерений параметров напряженно-деформированного состояния сваи нам будут известны лишь некоторые его величины в определенных точках, задача определения текущего НДС сваи сведется к решению следующей задачи нелинейного программирования по определению условного минимума квадратичного функционала, характеризующего невязку между измеренными величинами (массив x_k^*) и полученными в результате математического моделирования на ПЭВМ (массив x_k):

$$F(x) = \sum_k b_k (x_k^* - x_k)^2 \quad (2)$$

при ограничениях в виде равенств:

$$x_j = x_j^* \quad (3)$$

и ограничениях в виде неравенств

$$x_i \leq x_i^* \quad (4)$$

Здесь b_k - нормировочные коэффициенты, x_j^* , x_i^* - силовые и геометрические характеристики грунта, свай, коэффициенты системы уравнений (1) и т. д.

Для решения поставленной задачи нелинейного программирования могут быть успешно использованы методы Бройдена, Пауэлла, Нелдера-Мида и др. [5].

В настоящее время метод идентификации оползневой нагрузки в склоне, как элемент экспертной системы оценки эффективности противооползневых мероприятий, находится в стадии внедрения на сооружениях X микрорайона г. Ялты.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Маслов Н. Л.: Основы механики грунтов в инженерном деле. Л.: Недра, - 1977, 479 с.
- [2] Тейлор Д.: Основы механики грунтов. М: Госстройиздат. 1960, 299 с.
- [3] Вовк А. А.: Основы прикладной геодинамики взрыва. Киев: Наукова думка, 1976, 274 с.
- [4] Кнорре М. Е., Абрамов С. К., Rogozin A. C.: Оползни и меры борьбы с ними. М.: Стройиздат, 1961, 220 г.

- [5] Калюх Ю. И.: Численное моделирование пространственных задач статики и динамики тросовых систем в жидкости. Автореферат кандидатской диссертации кандидата физико-математических наук. Днепропетровск: ДГУ, 1987, 16 с.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Bernard Drzęzła

Wpłynęło do Redakcji w kwietniu 1994 r.

Streszczenie

Jednym z istotnych zagadnień projektowych, jakie występuje w budownictwie podziemnym i naziemnym jest problem stateczności skarp pochodzenia naturalnego czy też formowanych w sposób techniczny. W realnych warunkach gruntowych ilość czynników determinujących zachowanie tej stateczności jest na tyle duża, że dobór właściwej metody projektowania jest zawsze związany z określeniem właściwej charakterystyki pomiędzy naprężeniami i odkształceniami gruntu.

W chwili obecnej do rozwiązań analitycznych najczęściej stosuje się metody różnic skończonych oraz metodę elementów skończonych.

W pracy przedstawiono propozycję zastosowania do prognoz metody Brojdena i Powella. Jako element eksperymentalno-analitycznego schematu dla ciągłej rejestracji i identyfikacji stanu naprężeniowo-deformacyjnego gruntu proponuje się dowolny element jednowymiarowy lub konstrukcję wyposażoną w elementy i czujniki pomiarowe.

Podstawą matematycznego zapisu identyfikacji jest przyjęcie założenia, że jednowymiarowy element (słup) położony jest na przeciw pełzającej powierzchni. Równania statyczne rdzenia sprowadzone do rozwiązania jednowymiarowego słupa znajdującego się pod działaniem przestrzennie niejednorodnego pola sił przedstawiono w pracy [5].

Identyfikacja aktualnego stanu naprężeniowo-deformacyjnego w gruncie określana jest drogą rozwiązania zadania odwrotnego jednowymiarowego układu znajdującego się pod działaniem przestrzennie niejednorodnego obciążenia. Bieżące parametry obciążenia określa się zmianami własności gruntu przylegającego do słupa. Dzięki temu można pomierzyć własności gruntu w wytypowanych punktach a zadanie sprowadza się do rozwiązania programowania nieliniowego opierając się na algorytmach Brojedena, Powella i innych.

Zaproponowany w pracy sposób jest aktualnie wdrażana w rozwiązaniach praktycznych.