

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Ю. Л. МОТЫЛЕВ

К ВОПРОСУ ОБ ОПИСАНИИ ПОЛЗУЧЕСТИ ГРУНТА

(Представлено академиком П. А. Ребиндером 19 XI 1952)

В работах Н. Я. Денисова (1), преследующих цель раскрытия природы деформаций грунтов, доказывается необоснованность распространенной аналогии между глинистым грунтом и кельвиновым телом. Наиболее существенным препятствием для использования в механике грунтов не только реологической модели упруго-вязкого тела, но и любой другой предусматривающей неизменность вязких свойств системы, является переменный характер величин, характеризующих замедление деформации грунта во времени. Общеизвестно возрастание вязкости структурированных систем с уменьшением скорости сдвига (2).

Серьезной трудностью для аналитической интерпретации процессов деформирования грунта во времени является также свойственное грунтам отсутствие неизменных равновесных зависимостей между напряжениями и деформациями (3).

Для наиболее простого случая, когда до определенного предела величин напряжений и деформаций (предел пропорциональности) равновесную зависимость между ними можно принимать линейной, автором исследовалась возможность описания процесса погружения в грунт плоского цилиндрического штампа под кратковременным действием постоянной силы.

За основу было взято обобщенное уравнение, в котором сдвиг и объемное сжатие, а также упругие и остаточные деформации не разделяются:

$$p = E\lambda + k \frac{d\lambda}{dt}, \quad (1)$$

где  $p$  — удельное давление на подошву штампа ( $\text{кГ}/\text{см}^2$ );  $\lambda$  — относительная деформация, принимаемая равной отношению общей осадки штампа (т. е. и упругой и остаточной) к его диаметру;  $E$  — модуль деформации грунта ( $\text{кГ}/\text{см}^2$ );  $k$  — параметр, имеющий размерность коэффициента вязкости ( $\text{кГ} \cdot \text{сек}/\text{см}^2$ ).

Выражение (1) было сопоставлено с результатами опытов по вдавлению цилиндрического плоского металлического штампа диаметром 2,4 см в различные грунты с нарушенной структурой, уплотняющиеся при разных влажностях в металлической форме  $20 \times 20 \times 20$  см.

Опыт заключался в безударном приложении к штампу заданной нагрузки  $p$ , меньшей предварительно установленного предела пропорциональности, и измерении осадки как функции времени.

В качестве модуля деформации принималось отношение нагрузки к относительной деформации в момент прекращения осадки штампа.

Для связных влажных грунтов за равновесное условно принималось то состояние, при котором скорость осадки не превышала 0,002 мм / мин.

Ряд полученных кривых зависимости деформации от времени представлен на рис. 1. Соответствующие данные об условиях опытов сведены в табл. 1.

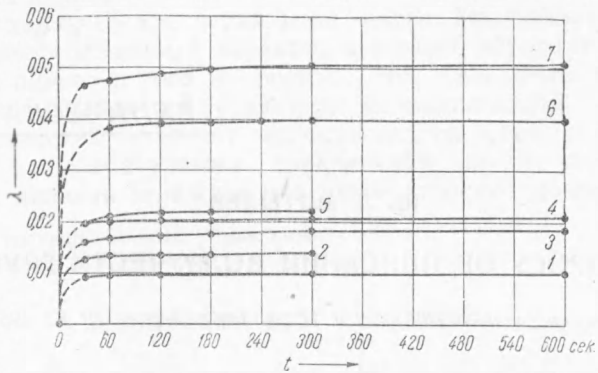


Рис. 1. Кривые зависимости деформации грунта от времени

Таблица 1

№№ кри- ных	Грунт	Влажность в вес. %	Объемный вес скелета грунта в г/см <sup>3</sup>	E, кГ/см <sup>2</sup>	p кГ/см <sup>2</sup>
1	Пылеватый суглинок . . . . .	1,7	1,46	574	5,74
2	Среднезернистый песок . . . . .	12,8	1,75	120	1,77
3	Пылеватый суглинок . . . . .	11,8	1,81	1180	22,10
4	» » . . . . .	1,7	1,46	528	11,10
5	» » . . . . .	15,8	1,82	1118	24,4
6	Среднезернистый песок . . . . .	12,8	1,75	89	3,55
7	Пылеватый суглинок . . . . .	19,4	1,78	173	8,80

По координатам точек кривых и формуле (1) вычислялись значения  $k$ . Опыты показали, что величина  $k$ , не являясь постоянной, во всех случаях быстро возрастает с ростом деформации и уменьшением ее скорости, достигая десятков и сотен тысяч кГ·сек/см<sup>2</sup>.

Характерные графики зависимости  $k$  от  $\lambda$ , соответствующие отдельным кривым рис. 1, приведены на рис. 2. Возрастание  $k$  монотонно, за исключением небольших Z-образных участков графиков, отображающих некоторое уменьшение  $k$ , после которого эта величина вновь быстро возрастает. Эти участки соответствуют кратковременным периодам осадки штампа с постоянной или медленно уменьшающейся скоростью, наблюдавшимся во всех опытах и, повидимому, связанным с влиянием инерционных сил, не учитываемых уравнением (1).

Зависимость  $k$  от  $\lambda$  может быть приближенно отображена эмпирической формулой, в частности:

$$k = k_0 + m (\lambda - \lambda_0)^n, \quad (2)$$

где  $k_0$  и  $\lambda_0$  — значения  $k$  и  $\lambda$  в некоторый начальный момент времени  $t_0$ , который, по условиям экспериментального определения  $k$ , нельзя принимать равным нулю;  $m$  и  $n$  — параметры, зависящие от свойств грунта и условий опыта.

Начальное значение  $k$  возрастает с увеличением модуля деформации грунта. По данным проведенных опытов, при  $t_0 = 15$  сек.

$$k_0 = aE, \quad (3)$$

где  $a$  — коэффициент пропорциональности.

Наличие функциональной зависимости  $k$  от  $\lambda$ , описываемой формулой (2) или каким-либо иным выражением, представляющим эту зависимость в определенных пределах и условиях, исключает возможность интегрирования уравнения (1) в общем виде.

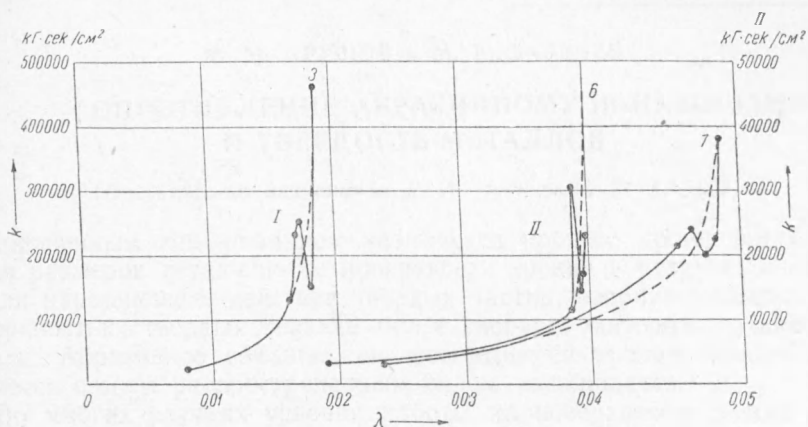


Рис. 2. Графики зависимости величины  $k$ , характеризующей вязкие свойства грунта, от деформации

Нахождение частных решений принципиально возможно путем совместного применения выражения:

$$t = \int \frac{k d\lambda}{p - E\lambda} \quad (4)$$

и формулы (2).

Автор выражает глубокую признательность проф. Н. Н. Иванову, являвшемуся научным руководителем работы, и акад. П. А. Ребиндеру, ценные указания которого были учтены при подготовке статьи к опубликованию.

Поступило  
17 XI 1952

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Н. Я. Денисов, ДАН, 59, № 6 (1948); О природе деформаций глинистых пород, 1951. <sup>2</sup> П. А. Ребиндер, Н. А. Семенов, ДАН, 64, № 6 (1949). <sup>3</sup> И. И. Черкасов, ДАН, 82, № 3 (1952).