ОСНОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ПОЯСНЕНИЯ

x_i (т. е. $x_1,\ x_2\ и\ x_3$ или $x,\ y\ и\ z$ или $r,\ \varphi\ и\ z$) - координаты;

t - время;

τ - параметр, имеющий размерность времени;

$\hat{U}$ - внутренняя энергия;

$\hat{F}$ - свободная энергия;

$\hat{S}$ - энтропия;

U_i (т.е. U_1, U_2 и U_3 или U, V и W) - перемещения в направлении координатных осей;

$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2}(U_{j,i} + U_{i,j})$ - относительные деформации;

$U_{j,i} = \frac{\partial U_j}{\partial x_i}$;

$U_{i,j} = \frac{\partial U_i}{\partial x_j}$;

σ_{ij} - напряжения;

T - температура;

V - объём;

$d\Delta\hat{S}$ - приращение энтропии;

$de\Delta\hat{S}$ - приращение энтропии за счет обмена с окружающей средой;

$d_i\Delta\hat{S}$ - производство энтропии внутри системы;

g_i - источники энтропии;

V_μ - объём одного моля вещества;

R_μ - универсальная газовая постоянная;

n - число компонентов термодинамической системы;

n_φ - число фаз в термодинамической системе (в настоящей монографии - это твердая и жидкая фазы);

$g_i \cdot n_i$ - вектор источников энтропии на границе А объема V;

k^ϕ - коэффициент фильтрации изотропного основания;

k_i^Φ - коэффициент фильтрации i - того изотропного слоя в слоистом основании;

k_{ij}^ϕ - коэффициенты фильтрации по направлениям;

$\gamma_w = 10 \dfrac{кН}{м^3}$ - удельный вес поровой жидкости;

$\beta \in (1, \infty)$ - коэффициент порового давления изотропного основания - коэффициент, показывающий, какая часть порового давления воспринимается грунтовым скелетом. Для полностью водонасыщенного грунта $\beta = 1$. Для грунта, содержащего пузырьки газа $\beta > 1$. Для неводонасыщенного грунта $\beta = \infty$;

β_i - коэффициент порового давления i - того изотропного слоя в слоистом основании;

β_{ij} - коэффициенты порового давления по направлениям в анизотропном основании;

L_{ij} - коэффициенты пропорциональности в соотношениях Онзагера;

c_V - теплоемкость при постоянной деформации (это обозначение встречается только в разделе 1.1);

P - поровое давление;

P_0 - поровое давление в естественном состоянии;

$P^* = P - P_0$ - приращение порового давления;

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1 \;\; при \;\; i = j \\ \\ 0 \;\; при \;\; i \neq j \end{cases}$$ - символ Кронекера;

$G = \dfrac{E}{2 \cdot (1+\nu)}$ и $\lambda = \dfrac{\nu \cdot E}{(1+\nu) \cdot (1 - 2 \cdot \nu)}$ - упругие константы Ламе изотропного основания;

Е и ν - технические упругие константы основания (соответственно модуль упругости и коэффициент Пуассона);

$a_k = \lambda + 2 \cdot G$ - компрессионный модуль упругости изотропного основания;

$a_V = 3 \cdot \lambda + 2 \cdot G$ - объемный модуль упругости изотропного основания;

σ_{xx}, σ_{yy} и σ_{zz} - нормальные напряжения в декартовой системе координат, действующие в направлении координатных осей $0x$, $0y$ и $0z$ соответственно;

σ_{zz}, σ_{rr} и $\sigma_{\theta\theta}$ - нормальные напряжения в цилиндрической системе координат;

τ_{xy}, τ_{xz}, и τ_{yz} - касательные напряжения в декартовой системе координат, действующие соответственно в плоскостях $0xy$, $0xz$ и $0yz$;

τ_{rz} - касательное напряжение в цилиндрической системе координат при осевой симметрии;

σ_{kk} - шаровой тензор напряжений;

$\sigma_{kk} = \sigma_{xx} + \sigma_{yy} + \sigma_{zz}$ - то же, в декартовой системе координат;

$\sigma_{kk} = \sigma_{zz} + \sigma_{rr} + \sigma_{\theta\theta}$ - то же, в цилиндрической системе координат;

$\sigma_{kk} = \sigma_{rr} + \sigma_{\varphi\varphi} + \sigma_{\theta\theta}$ - в сферической системе координат;

ρ - плотность основания (или средняя плотность водонасыщенного основания);

ε_x, ε_y и ε_z - нормальные деформации в декартовой системе координат в направлении осей x, y и z соответственно;

ε_{zz}, ε_{rr} и $\varepsilon_{\theta\theta}$ - нормальные деформации в цилиндрической системе координат при осевой симметрии;

e - объемная относительная деформация;

γ_{xy}, γ_{xz} и γ_{yz} - деформации сдвига в декартовой системе координат соответственно в плоскостях $0xy$, $0xz$ и $0yz$;

γ_{rz} - деформации сдвига в цилиндрической системе координат при осевой симметрии;

$\Delta = \dfrac{\partial^2}{\partial x^2} + \dfrac{\partial^2}{\partial y^2} + \dfrac{\partial^2}{\partial z^2}$, $\Delta = \dfrac{\partial^2}{\partial r^2} + \dfrac{1}{r}\dfrac{\partial^2}{\partial r} + \dfrac{\partial^2}{\partial z^2}$ и $\dfrac{\partial}{\partial r}\left[\dfrac{1}{r^2}\cdot\dfrac{\partial\left(r^2\cdot U\right)}{\partial r}\right]$ - оператор Лапласа соответственно в декартовой, цилиндрической (при осевой симметрии) и сферической (при центральной симметрии) системах координат;

$c_k = \dfrac{\lambda + 2\cdot G}{\gamma_w}\cdot\beta\cdot k_{\phi}$ - коэффициент консолидации основания при компрессии;

$c_V = \dfrac{3\cdot\lambda + 2\cdot G}{3\cdot\gamma_w}\cdot\beta\cdot k_{\phi} = \dfrac{3\cdot\lambda + 2\cdot G}{3\cdot\left(\lambda + 2\cdot G\right)}\cdot c_k$ - коэффициент пространственной консолидации;

ω - вращение (в цилиндрической системе координат при осевой симметрии);

$\varepsilon(t)$ - относительная деформация в момент времени t для случая одномерной задачи;

$\sigma(t)$ - напряжение в момент времени t для случая одномерной задачи;

$y(t)+\int\limits_0^t y(\tau)\cdot K(t,\tau)\cdot d\tau = f(t)$ и $f(t)-\int\limits_0^t f(\tau)\cdot R(t,\tau)\cdot d\tau = y(t)$ - интегральные уравнения Вольтерра второго рода;

$K(t,\tau)$ ядро ползучести интегрального уравнения (общий вид);

$K(t-\tau)$ разностное ядро ползучести интегрального уравнения;

$R(t,\tau)$ резольвента ядра ползучести интегрального уравнения (общий вид);

$R(t-\tau)$ резольвента разностного ядра ползучести интегрального уравнения;

$K(t,\tau)=K_1(t-\tau)+K_2(\tau)$ - составное ядро ползучести, где:

- $K_1(t-\tau)$ - часть ядра ползучести, описывающая запаздывающие во времени полностью обратимые (т.е. **вязкие)** деформации;
- $K_2(\tau)$ - часть ядра ползучести, описывающая запаздывающие во времени полностью необратимые (т.е. **пластичные)** деформации;

$$\left.\begin{aligned} &K(t-\tau)=\delta\cdot exp[-\delta_1\cdot(t-\tau)];\\ &K(\tau)=\delta\cdot exp[-\delta_1\cdot(\tau)]; \end{aligned}\right\}\text{ - экспоненциальное ядро ползучести;}$$

$$\left.\begin{aligned} &K(t-\tau)=\delta\cdot ln[\delta_1\cdot(t-\tau)];\\ &K(\tau)=\delta\cdot ln[\delta_1\cdot(\tau)]; \end{aligned}\right\}\text{ - логарифмическое ядро ползучести;}$$

$$\left.\begin{aligned} &K(t-\tau)=\delta\cdot(t-\tau)^{\delta_1};\\ &K(\tau)=\delta\cdot(\tau)^{\delta_1}; \end{aligned}\right\}\text{ - абелево ядро ползучести;}$$

$$\left.\begin{aligned} K(t-\tau) &= \frac{\delta}{\delta_1 + (t-\tau)}; \\ K(t-\tau) &= \frac{\delta}{\delta_1 + \tau}; \end{aligned}\right\}$$ - дробно - степенное ядро ползучести;

δ *и* δ_1 - параметры ядер ползучести (или их резольвент);

i - номер слоя в слоистом основании;

h_i - расстояние от начала оси 0z до контакта слоев в слоистом основании;

$\delta(x)$ - дельта - функция Дирака;

α - константа разделения;

$J_0(\alpha \cdot r)$ - функция Бесселя первого рода с нулевым индексом;

$U(x)$- ступенчатая единичная функция Хевисайда;

$U_+(x)$ и $U_-(x)$- асимметричные ступенчатые единичные функции Хевисайда;

$erf(x)$ - интеграл вероятности;

$erfc(x) = 1 - erf(x)$ - дополнительный интеграл вероятности.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ*

Реология (от греч. rheos - течение, поток и ...логия), наука о деформациях и текучести вещества. **Реология** рассматривает процессы, связанные с необратимыми остаточными деформациями и течением

- Определения частично заимствованы из БСЭ, а частично из СНиП “Строительная терминология” разнообразных вязких и пластических материалов (неньютоновских жидкостей, дисперсных систем и др.), а также явления **релаксации напряжений**, **упругого последействия** и т. д.

Реология тесно переплетается с **гидромеханикой, теориями упругости, пластичности и ползучести.**

В **реологии** существует несколько подразделов. Теоретическая **реология** (или **феноменологическая реология**, или **макрореология**) может рассматриваться как часть **механики сплошных сред**, она занимает промежуточное положение между **гидромеханикой и теориями упругости, пластичности и ползучести**.

Экспериментальная реология (**реометрия**) определяет различные реологические свойства веществ с помощью специальных приборов и испытательных машин.

Микрореология исследует деформации и течение в микрообъёмах, например, в объёмах, соизмеримых с размерами частиц дисперсной фазы.

Последействие материалов - это изменение деформированного состояния тел при неизменном напряжённом состоянии.

Упругое последействие без ползучести наблюдается в телах, напряжённое состояние которых нигде не превосходит предела упругости, и относится к медленным обратимым процессам.

Пластическое последействие материалов, или **ползучесть**, связано с существенным изменением молекулярного или кристаллического строения материалов и в конечном итоге является следствием атомных перегруппировок. Изучением **пластичности** занимается **реология.**

Ползучесть материалов - это медленная непрерывная деформация твёрдого тела под воздействием постоянной нагрузки или механического напряжения.

Теория ползучести близко примыкает к **теории пластичности**, однако в связи с разнообразием механических свойств твёрдых тел единой теории ползучести нет. Для металлов обычно пользуются **теориями течения** и **упрочения.** В механике полимеров и грунтов обычно пользуются **теорией наследственности.**

Релаксация (от лат. relaxatio - ослабление, уменьшение) - процесс установления термодинамического и статистического равновесия в физической системе, состоящей из большого числа частиц [28].

В механике грунтов **релаксация** - это процесс уменьшения с течением времени напряжений в грунтовом образце или основании при его неизменном деформированном состоянии.

Время установления равновесия (частичного или полного) в системе называют **временем релаксации.**

Пластичность (от греч. plastikos - годный для лепки, податливый, пластичный) - свойство твёрдых тел необратимо изменять свои размеры и форму (т. е. пластически деформироваться) под действием механических нагрузок [28].

Различают **такие механизмы пластичности:**

- самодиффузионный и диффузионный;
- краудионный;
- дислокационный;
- вследствие двойникования;
- вследствие фазовых превращений;
- вследствие взаимодействия между частицами;
- рекристаллизационный;
- вследствие передвижения недеформирующихся твёрдых частиц друг относительно друга в некоторой вязкой среде.

К последнему механизму относится **ползучесть глин, смоченных водой сыпучих тел** и т. п.

Изучением различных аспектов ползучести занимается ряд физико - математических и теоретических дисциплин, в том числе физика твёрдого тела, механика сплошных сред (теории пластичности и ползучести), сопротивление материалов и др.

Пластическая деформация - это деформация, которая не исчезает после того, как снята нагрузка [28].

Различают **жесткопластичные** и **упругопластичные** тела.

Деформации в **жесткопластичных** телах после снятия внешней нагрузки **не восстанавливаются вообще.**

Деформации в **упругопластичных** телах после снятия внешней нагрузки **восстанавливаются частично.**

Упруговязкость - способность тела частично мгновенно, а частично постепенно, с течением времени, восстанавливать свои **форму и объем** (твердые тела) или **только объем** (жидкости и газы) после прекращения действия на них внешних сил.

Упруговязкими называют деформации **тела**, частично проявляющиеся мгновенно, а частично запаздывающие во времени и полностью исчезающие через некоторое время после прекращения действия на него внешних сил.

Упруговязкопластичными называют тела, одновременно обладающие свойствами **упруговязких** и **пластичных** тел.

Упругость - способность тела мгновенно восстанавливать свои **форму и объем** (твердые тела) или **только объем** (жидкости и газы) после прекращения действия на них внешних сил.

Упругой называют такую деформацию **тела,** которая полностью исчезает после прекращения действия на него внешних сил.