

Дистанционное обучение

Сейсморазведка. РФ-18

Лекция (10.11.2021).

ТЕМА. ОСНОВЫ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ

Теория распространения упругих (сейсмических) волн базируется на теории упругости, так как геологические среды в первом приближении можно считать упругими. Поэтому напомним *основные определения и законы теории упругости применительно к однородным изотропным средам.*

Установлено, что под действием внешних нагрузок жидкие и газообразные тела изменяют свой объем и форму, деформируются. При деформации частицы тела смещаются относительно друг друга и исходного положения. Величина и направление перемещений определяются величиной и характером внешних сил и свойствами тела. Положение частиц тела после деформации можно найти, если известен вектор перемещений $U(x, y, z)$, отнесенный к исходному положению частиц.

После приложения внешних нагрузок малый параллелепипед, мысленно выделенный внутри тела до его деформации, изменит свой объем или форму, или и то, и другое. При этом изменится длина его ребер, а прежде прямые углы между соответствующими ребрами станут тупыми или острыми. Количественной мерой деформации являются относительные удлинения ребер малого параллелепипеда и абсолютное изменение углов относительно 90° . Таким образом, *деформация полностью описывается шестью компонентами. Три первые компоненты называются продольными (нормальными) деформациями, три последние — сдвиговыми.*

При снятии нагрузки частицы тела могут вернуться или не вернуться в исходное положение. В первом случае говорят об обратимых, а во втором о необратимых деформациях. *Тела, в которых развиваются только обратимые деформации, называют упругими. Тела, в которых развиваются только необратимые деформации, — пластичными, неупругими.* Величина деформаций зависит от величины и характера внешних напряжений — сил, действующих на единицу площади. *Горные породы ведут себя как упругие тела только при малых деформациях, когда все шесть компонент деформации не превышают 10^{-3} .*

При деформации в упругом теле возникают внутренние напряжения, обусловленные упругим взаимодействием между частицами тела. На каждую площадку малого размера, мысленно выделяемую в теле, действуют напряжения, имеющие в общем случае одну составляющую, перпендикулярную к площадке, — нормальное напряжение, и две, направленные вдоль площадки, называемые сдвиговыми напряжениями. Три компоненты напряжения задаются с помощью шести компонент тензора

напряжения. Эти шесть компонент связаны с шестью компонентами малых деформаций *законом Гука*.

При одноосном сжатии (растяжении) призмы из твердого тела относительное изменение ее длины вдоль направления действующего напряжения выражается соотношением

где Ω — величина внешней нагрузки; E — модуль Юнга; L — длина призмы; ΔL — изменение длины.

Опыт показывает, что удлинение призмы всегда сопровождается сокращением ее поперечных размеров a и b на Δa и Δb . Для изотропных тел $\Delta L/L$, $\Delta a/a$, $\Delta b/b$ и $(\Delta a/a)/(\Delta b/b) = \Delta$ остаются неизменными, независимо от того, каким образом была ориентирована призма в породе, где Δ — коэффициент Пуассона.

Модуль Юнга (E) и коэффициент Пуассона (Δ) полностью определяют упругие свойства таких тел. Для анизотропных сред при неизменной осевой нагрузке относительные удлинения ребер призмы будут зависеть от того, как была ориентирована ось призмы в породе, иными словами, упругие свойства зависят от направления внешних нагрузок. *Изотропные тела можно также описать с помощью упругих констант Ламэ — модуля сжатия (λ) и модуля сдвига (μ).* Эти модули однозначно связаны с модулем Юнга (E) и коэффициентом Пуассона (Δ):

В жидкостях и газах $\mu = 0$ и $k_c = \lambda$.

Если упругие свойства тел не изменяются при переходе от точки к точке тела, то такие тела называют *однородными*. В противном случае тело называют *неоднородным*. В неоднородных изотропных телах λ , μ и k_c — функции координат.

При деформации упругого тела под действием внешней нагрузки размеры тела изменяются, например, стержень сжимается. Если при снятии внешней нагрузки вся потенциальная энергия переходит в кинетическую, то тело называют *идеально-упругим*. Если же часть энергии уходит на необратимые процессы, например, превращается в тепло, то тело называют *вязко-упругим, неидеально-упругим*.

Способность тел деформироваться является причиной того, что напряжение от зоны действия внешней нагрузки распространяется на все области тела с конечной скоростью, определяемой упругими модулями и плотностью. Распространяющееся в упругом теле напряжение порождает деформации — перемещения частиц тела, которые можно измерить. *Наблюдения за перемещением частиц тела позволяют экспериментально измерять скорости распространения упругих волн и выявлять различия в физических свойствах горных пород или их состоянии.*

Требуется изучить теоретический материал по одному из
рекомендованных ранее учебнику, например,

1. Логачев А.А., Захаров В.П. Магниторазведка. Л., Недра, 2001.

2. Сейсморазведка. Справочник геофизика. М., Недра, 2000.

3. Вычислительная математика и техника в разведочной геофизике.
Справочник геофизика. М., Недра, 2002.