Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова,
т. XXXIX, вып. 3, 1961 г.

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ НАПРЯЖЕНИЙ В МАССИВЕ ГОРНЫХ ПОРОД

П. А. Журавлев, А. Ф. Захаревич

1. В настоящей статье имеется в виду подробнее рассмотреть вопрос о распределении напряжений в массиве горных пород [1], который принимается за однородную упругую изотропную среду, подчиняющуюся закону Гука. Удельный вес γ породы считается постоянным. Принято, что горная порода на рассматриваемом участке ограничена сверху горизонтальной плоскостью, к которой не приложено никаких сил. Рассматривается давление горных пород лишь от сил веса.

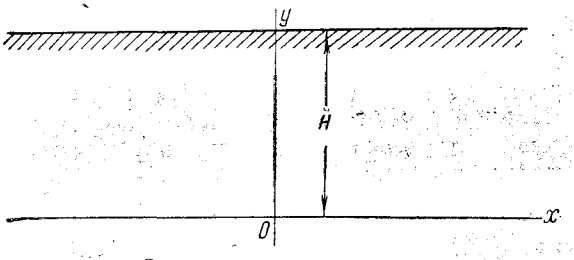


Схема сплошного массива

2. Существуют различные предположения относительно распределения напряжений в сплошном массиве [2—6].

Гидростатический закон характеризуется [2] следующей системой напряжений и перемещений (см. рисунок):

$$\sigma_x = \sigma_y = \sigma_z = -\gamma(H-y);$$
$$u = -\frac{1-2\nu}{E}\gamma(H-y)x;$$
$$v = -\frac{1-2\nu}{2E}\gamma[y(2H-y)+x^2+z^2]; \qquad (1)$$
$$w = -\frac{1-2\nu}{E}\gamma(H-y)z.$$

При более общем законе с коэффициентом n получается [5]:

$$\sigma_y = -\gamma(H-y); \quad \sigma_x = \sigma_z = -\gamma_n(H-y);$$
$$u = -\frac{n(1-\nu)-\nu}{E}\gamma(H-y)x;$$
$$v = -\frac{1-2\nu n}{E}\gamma\left(Hy-\frac{1}{2}y^2\right)-\frac{n(1-\nu)-\nu}{2E}\gamma(x^2+z^2); \qquad (2)$$
$$w = -\frac{n(1-\nu)-\nu}{E}\gamma(H-y)z.$$

В частности при $n = 0$ будет иметь место случай одноосного сжатия.

Некоторые исследователи [3, 4] приходят к следующим напряжениям в сплошном массиве:

$$\sigma_x = \sigma_z = -\frac{\nu}{1-\nu}\gamma(H-y); \quad \sigma_y = -\gamma(H-y). \tag{3}$$

При этом перемещения будут равны

$$u = 0; \quad w = 0;$$
$$v = -\gamma\frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{E(1-\nu)}\left(Hy - \frac{1}{2}y^2\right). \tag{4}$$

Согласно указанному ранее [1] критерию выбора напряженного состояния (3), именно принципу симметрии в физических свойствах весомого однородного изотропно-упругого полупространства с горизонтальной свободной поверхностью [1], перемещения частиц сплошного массива должны быть симметричны относительно любой вертикальной плоскости, проведенной в любом месте массива, включая и бесконечно далекие точки [1].

Действительно, возьмем какую-нибудь точку полупространства и проведем через нее вертикальную плоскость. Так как обе части полупространства, расположенные по обе стороны от этой вертикальной плоскости, должны быть совершенно одинаковыми, следовательно, перемещение рассматриваемой точки не должно выходить из самой вертикальной плоскости. Если через эту точку провести другие вертикальные плоскости, то окажется, что перемещение этой точки должно заключаться и в каждой из этих плоскостей. Но это возможно только при перемещении, направленном по прямой пересечения этих плоскостей, т. е. при вертикальном перемещении.

Кроме того, очевидно, что перемещение частиц массива, расположенных в одной горизонтальной плоскости и находящихся поэтому в совершенно одинаковых условиях, должно быть одинаково. Следовательно, перемещение всех частиц массива будет вертикальным и будет зависеть от глубины расположения частиц, т. е. при выборе координатных осей

$$u = 0; \quad w = 0; \quad v = f(y),$$

что и приводит к формулам (3) и (4).

Системы напряжений и перемещений (1) и (2) не удовлетворяют указанному принципу симметрии. Заметим, что при $n = \frac{\nu}{1-\nu}$ формулы (2) совпадут с формулами (3) и (4).

Согласно формулам (3), (4), принципиально возможны как гидростатическое, так и другие виды напряженного состояния массива, если придавать коэффициенту Пуассона различные частные значения: например, при $\nu = 0{,}5$ будет иметь место гидростатический закон распределения напряжений. При этом будет соблюдена симметрия в физических свойствах массива относительно любой вертикальной плоскости. Можно допустить, что на больших глубинах горный массив не будет упругим и придет в пластическое состояние. Тогда, естественно, закон распределения напряжений и перемещений будет иным.

[1] Этот факт не нашел отражения в рецензии 9270 РЖМ, 1959, № 8.

3. Распределение напряжений в массиве горных пород с горизонтальной выработкой круглого сечения рассмотрено А. Н. Динником [3] и Г. Н. Савиным [6].

В работе [3] приведены напряжения, которые дают несовместную систему уравнений для определения перемещений и поэтому не могут быть использованы. В работе [6] приведено другое решение той же задачи, причем там нет указаний, что ранее полученное решение непригодно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Журавлев П. А., Захаревич А. Ф. О распределении напряжений в массиве горных пород с горизонтальной выработкой круглого сечения. Записки ЛГИ, т. XXXVI, вып. 3, 1958.
2. Михлин С. Г. О распределении напряжений в полуплоскости с эллиптическим вырезом. Тр. СИ АН СССР, 1934, № 29.
3. Динник А. Н., Моргаевский А. Б., Савин Г. Н. Распределение напряжений вокруг подземных горных выработок. Тр. совещания по управлению горным давлением. Изд-во АН СССР, 1938.
4. Лехницкий С. Г. Определение напряжений в упругом изотропном массиве вблизи вертикальной цилиндрической выработки кругового сечения. Изв. АН СССР, ОТН, 1938, № 7.
5. Левина Ц. О., Михлин С. Г. К вопросу о расчете напряжений в междукамерных целиках. Тр. СИ АН СССР, 1940, № 94.
6. Савин Г. Н. Концентрация напряжений около отверстий. ГИТТЛ, 1951.