УДК.691

ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЕСКОВ ПРЕДСТАВЛЕННЫХ ГРАНУЛЯРНЫМИ МОДЕЛЯМИ

С.В.Бондаренко, О.Э.Севастьянова, А.С.Бондаренко

ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»

Раздробленные сыпучие несвязные горные породы, отходы обогащения железных руд и другие зернистые частицы с размером от 0,05 мм до 5,0 мм относятся к пескам. Плотность, пустотность, удельная поверхность, пористость оказывают большое влияние на свойства песков и являются параметрами, по которым их классифицируют. Представление песков в виде гранулярной модели является достаточно интересным.

Если предположить, что объем V имеет форму параллелепипеда с размерами ($2Ra \times 2Rb \times 2Rc$) и в нем находится $N = abc$ частиц (шаров) одинакового радиуса (рис. 1).

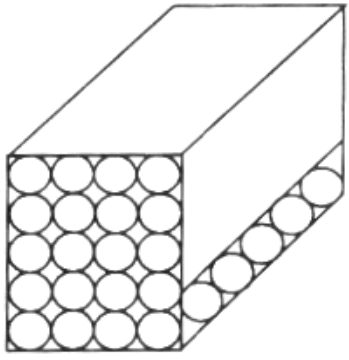


Рис. 1. Схема заполнения объема шарами одного радиуса.

Объемы V, в котором находится N шаров, и V_n, который занимают N шаров, равны (1) и (2) соответственно

$$V = 8abcR^3 \quad (1)$$

$$V_n = \frac{4}{3}\pi abcR^3 \quad (2)$$

Тогда пористость горной породы n будет равна

$$n = \frac{V_{пор}}{V} = \frac{4abcR^3(2 - \frac{\pi}{3})}{8abcR^3} \qquad (3)$$

$$n = 1 - \frac{\pi}{6} = 0{,}477.$$

Аналитически полученное значение пористости соответствует фактически измеренной пористости песка [8].

Если радиус каждого шара уменьшить в m раз, его радиус равен R/m. Тогда объем каждого моношара составит

$$V_o = \frac{4}{3}\pi(R/m)^3 \qquad (4)$$

а их количество будет равно

$$m \times n = \frac{2Ra}{2R/m} \cdot \frac{2Rb}{2R/m} \cdot \frac{2Rc}{2R/m} = abcm^3$$

Суммарный объем всех уменьшенных шаров

$$V_{m,n} = \frac{4}{3}\pi abcm^3(R/m)^3 = \frac{4}{3}\pi abcR^3 \qquad (5)$$

Поскольку объем V остался неизменным ((5) соответствует (2)), то пористость осталась также неизменной и составляет

$$n = \frac{4abcR^3(2 - \frac{\pi}{3})}{8abcR^3} = 1 - \frac{\pi}{6} = 0{,}477$$

Вышеизложенное показывает, что пористость песков, сложенных частицами одного размера, не зависит от их размера и, в данном случае противоречит реальному положению [8].

Если рассмотреть массив, образованный частицами разной крупности, и составленный таким образом, что диаметр самых мелких частиц не меньше поперечных размеров поры между самыми крупными зернами данной породы (рис.2а), то получим следующее.

В пустоты между частицами радиуса R вписаны частицы радиуса r<R. Если соединить центры четырех попарно касающихся друг друга частиц радиусом R с центром частицы радиусом r, получается правильная пирамида с

основанием 2R и боковым ребром (R+r) (рис. 2б).

Суммарный объем, занимаемый частицами

$$V_n = \frac{4}{3}\pi(r^3 + R^3) \qquad (6)$$

Из пирамиды (см. рис. 2б)

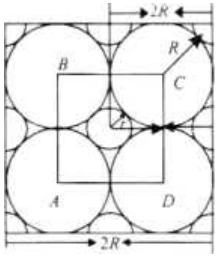
$$SA^2 = OA^2 + SO^2;\ OA = R\sqrt{2};\ SA = R + r;\ SO = R$$

Отсюда,

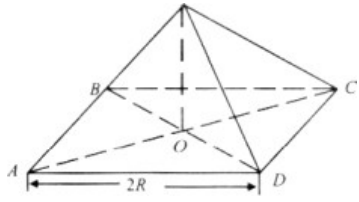
$$r = 0{,}732R \qquad (7)$$

Подставляя (7) в (8), и определив пористость по (3), получаем n=0,271.

Как видно, при укладке частиц таким образом, что между крупными помещены более мелкие частицы (β=90˚) (рис.2а), значение пористости уменьшилось с 0,477 до 0,271.



а



б

Рис. 2. Схема к расчету пористости при укладке частиц различного радиуса (β=90˚).

При угле укладки частиц радиуса R β=60˚ и размещении между ними частиц радиусом r, по вышеуказанным соображениям получена следующая зависимость между радиусами этих частиц:

$$r = 0{,}2247R \qquad (8)$$

При такой укладке частиц значение пористости получено n=0,251. Как видно пористость уменьшилась незначительно по сравнению с упаковкой частиц одинакового размера n=0,258 [6], т.е. при укладке частиц крупных под углом 60˚ наличие в пустотах мелких на пористость не влияет.

В работах [5,9] радиус частиц r предложено вычислять как наибольший радиус круга, вписанного в диаметральное сечение поры между однородными шаровыми частицами, при углах конфигурации β=90˚ и β=60˚ по (9) и (10) соответственно.

$$r = 0{,}414R \tag{9}$$

$$r = 0{,}155R \tag{10}$$

Данные размеры получены по формулам радиусов узких капилляров, которые намного ниже аналитически рассчитанных значений (7) и (8).

Таким образом, представляется возможным на основе гранулярной модели по размеру частиц оценить размер пор в природных, из отходов промышленности и искусственных песках применяемых для производства строительных материалов.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Булат А.Ф., Дырда В.И. Фракталы в геомеханике. – К.: Наукова думка, 2005. – 358с.

2. Макаров П.В., Трубицин А.А. Ворошилов С.П. Самоподобие разрушения углей и эфолюция нагружаемых твердых тел.

3. Горяйнов С.В. Иерархия резкостных геологических тел. – Харьков:, 2001. – 564с.

4. Ромм Е.С. Структурные модели порового пространства горных пород. – Л.: Недра, 1985. – 240 с.

5. Вахрамеев И.И. Теоретические основы тампонажа горных пород. – М.: Недра,1968. – 291с.

6. Бабков В.Ф., Безрук В.М. Основы грунтоведения и механики грунтов. – М.: Высшая школа, 1986. – 239 с.

7. Чаповский Е.Г. Инженерная геология (Основы инженерно-геологического изучения горных пород). Учебное пособие для студентов геолог. спец. вузов. М.: Высшая школа, 1975. – 296с.

8. Гольдберг В.М., Скворцов Н.П. Проницаемость и фильтрация в глинах. М.: Недра, 1986. – 160с.

9. Геологія з основами мінералогії/ Під ред. Д.Г.Тихоненка. – К.: Вища освіта, 2003. – 287с.