

УДК 624.131

Сахапов Р.Л. – доктор технических наук, профессор

E-mail: rustem@sakhapov.ru

Махмутов М.М. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: maratmax@yandex.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Параметры упаковок различных типов грунтов

Аннотация

В данной статье рассмотрены несколько типов упаковок грунтов и определены их геометрические и физико-механические свойства [1-4]. Зная соотношение объема выделенной элементарной структурной ячейки к объему занятого порами, определили пористость грунтов. С увеличением параметра $Z_{ш}$ пористость грунтов уменьшается по экспоненциальной кривой. При повышении количества точек соприкосновения от 6 до 8 пористость уменьшается на 16 %, а при увеличении в диапазоне 8-12 – уменьшается на 6 %. Следовательно, с повышением плотности грунтов количество точек касания увеличивается.

Ключевые слова: физико-механические свойства, грунт, кубическая, гексагональная упаковка, пористость.

Рассмотрим несколько типов упаковок грунтов и определим их геометрические и физико-механические свойства [1-4]. Зная соотношение объема выделенной элементарной структурной ячейки к объему занятого порами, определим пористость грунтов.

1. При кубической упаковке грунтов элементарной ячейкой является куб, в который вписан шар [5, 6] (рис. 1). Тогда:

$$a_{\text{я}} = d_{\text{ш}}; V_{\text{я}} = a_{\text{я}}^3; V_{\text{ш}} = \frac{\rho \cdot d_{\text{ш}}^3}{6} = \frac{\rho \cdot a_{\text{я}}^3}{6} = \frac{\rho}{6} V_{\text{я}}$$

$$F_{\text{п}} = 1 - \frac{V_{\text{ш}}}{V_{\text{я}}} = 1 - \frac{\rho}{6} = 0,48,$$

где $a_{\text{я}}$, $V_{\text{я}}$ – сторона и объем ячейки; $d_{\text{ш}}$, $V_{\text{ш}}$ – диаметр и объем шара.

При рассматриваемой упаковке шаров грунтов находится в наиболее рыхлом сложении. Каждый шар соприкасается с шестью соседними шарами ($Z_{\text{ш}} = 6$). Расстояние между шаровыми слоями модели идеальной грунтов r_c равно диаметру шара ($r_c = d_{\text{ш}}$); а угол давления на последующие слои грунтов $\alpha_{\text{ш}} = 0$.

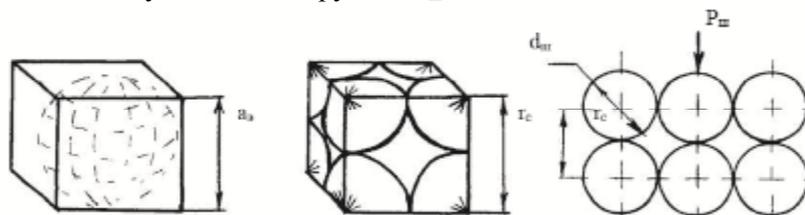


Рис. 1. Геометрические параметры кубической упаковки

2. При гексагональной упаковке грунтов элементарной ячейкой является ромбоэдр с острым углом 60° (рис. 2), следовательно, пористость составит:

$$l_{\text{я}} = 2 \cdot d_{\text{ш}}; V_{\text{я}} = \frac{l_{\text{я}}^3}{\sqrt{2}};$$

$$V_{\text{ш}} = \frac{8 \cdot \rho \cdot d_{\text{ш}}^3}{6} = \frac{\rho \cdot l_{\text{я}}^3}{6} = \frac{\rho \cdot \sqrt{2}}{6} \cdot V_{\text{я}};$$

$$F_{\text{п}} = 1 - \frac{\rho \cdot \sqrt{2}}{6} = 0,26.$$

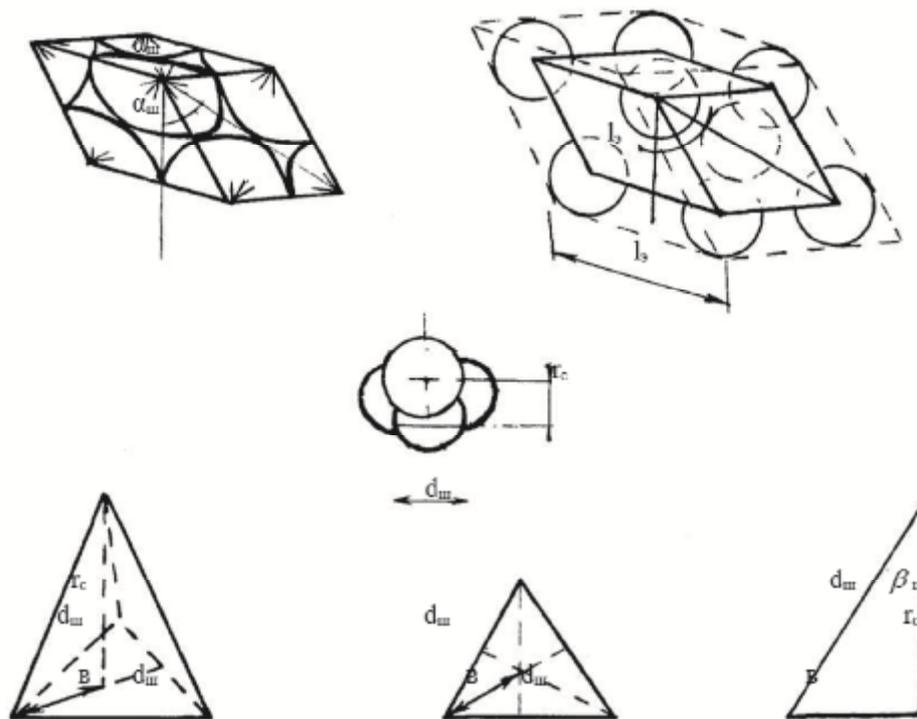


Рис. 2. Геометрические параметры гексагональной упаковки

При гексагональной упаковке шаров грунтов находится в наиболее уплотненном сложении. Каждый шар соприкасается с 12 соседними шарами ($Z_{III} = 12$). Расстояние между шаровыми слоями модели идеального грунта r_c и углы давления на последующие слои грунтов составят:

$$\frac{a}{2} = b \cdot \cos 30^\circ = b \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}; b = \frac{a}{\sqrt{3}};$$

$$r_c = \sqrt{a^2 - b^2} = \sqrt{a^2 - \frac{a^2}{3}} = \sqrt{\frac{2}{3} \cdot a^2} = a \cdot \sqrt{\frac{2}{3}};$$

$$\operatorname{tg} \beta_{III} = \frac{h}{b} = \frac{a/\sqrt{3}}{a \cdot \sqrt{2/3}} = \frac{1}{\sqrt{2}};$$

$$\beta_{III} = \operatorname{arctg} \frac{1}{\sqrt{2}} = 35^\circ 26'; \alpha_{III} = \operatorname{arctg} \frac{2}{\sqrt{2}} = 1,7 = 60^\circ.$$

3. Между кубической и гексагональной упаковками модели идеальной грунтов существует промежуточная упаковка (рис. 3). Элементарной ячейкой данной упаковки, также как и при кубической является куб, однако шары расположены по вершинам.

Тогда:

$$l_{\text{э}} = 2 \cdot d_{III} = a_{\text{э}} \cdot \sqrt{3};$$

$$V_{\text{э}} = a_{\text{э}}^3 = 8 \cdot d_{III}^3.$$

Куб содержит целый шар и восемь четвертей, что можно приравнять двум целым шарам. Следовательно:

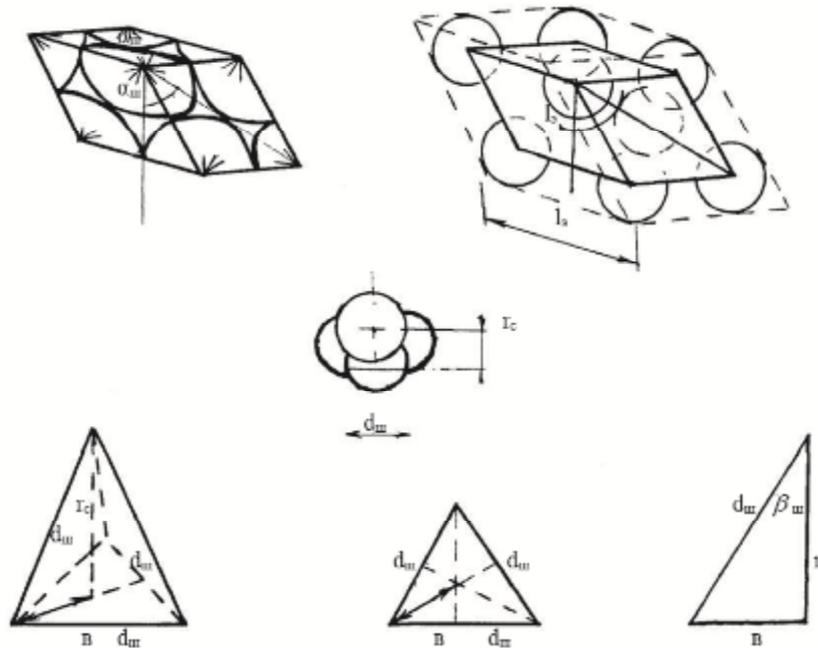


Рис. 3. Геометрические параметры промежуточной упаковки

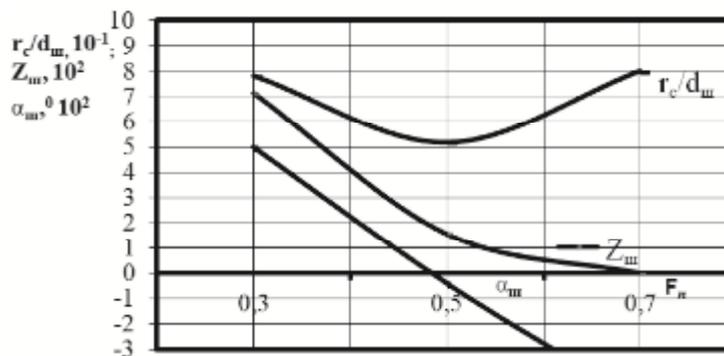


Рис. 4. Влияние геометрических параметров различных типов упаковок на пористость грунтов

$$V_{III} = \frac{2 \cdot \rho \cdot d_{III}^3}{6} = \frac{\rho}{3} \cdot \frac{\pi \sqrt{3}}{6} \cdot a_{\circ}^3 = \frac{\rho \cdot \sqrt{3}}{8} \cdot a_{\circ}^3 = \frac{\rho \cdot \sqrt{3}}{8} \cdot V_3;$$

$$F_{II} = 1 - \frac{\rho \cdot \sqrt{3}}{8} = 0,32.$$

При промежуточной упаковке [2] шары соприкасаются по диагоналям куба, следовательно, каждый шар соприкасается с 8 соседними шарами.

Расстояние между шаровыми слоями модели идеальной грунтов и угол давления на последующие слои грунтов составят:

$$b = a \cdot \cos 45 = a \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{a}{\sqrt{2}};$$

$$r_c = \sqrt{a^2 - b^2} = \sqrt{a^2 - \frac{a^2}{2}} = \sqrt{\frac{a^2}{2}} = \frac{a}{\sqrt{2}} = b; \text{ и } r_c = b \text{ и } a_{III} = 45^\circ.$$

Выводы

Анализируя выше отмеченные упаковки грунтов, можно отметить, что между геометрическими параметрами и пористостью упаковок существует определенная зависимость (рис. 4).

С увеличением параметра $Z_{\text{ш}}$ пористость грунтов уменьшается по экспоненциальной кривой. При повышении количества точек соприкосновения от 6 до 8 пористость уменьшается на 16 %, а при увеличении в диапазоне 8-12 – уменьшается на 6 %. Следовательно, с повышением плотности грунтов количество точек касания увеличивается. С повышением пористости грунтов в пределах 0,26-0,32 показатель отношения геометрических параметров $r/d_{\text{ш}}$ уменьшается на 0,009 ед., однако при дальнейшем повышении пористости данный показатель отношения увеличивается до 1,00 ед. Таким образом, зависимость показателя отношения $r/d_{\text{ш}}$ от пористости грунтов имеет экстремальное значение функции и минимальное значение 0,71 ед. при пористости 0,32 %.

Список библиографических ссылок

1. Абелев Ю.М., Крутов В.И. Возведение зданий и сооружений на насыпных грунтах. – М.: Госстройиздат, 1962. – 241 с.
2. Брехман А.И., Сахапов Р.Л., Абсалямова С.Г. Инновационная модель интеграции образования и бизнеса в дорожно-строительной отрасли. // Наука и техника в дорожной отрасли, 2014, № 3. – С. 39-41.
3. Котлов В.Ф. Антропогенные геологические процессы и явления на территории города. – М.: Наука, 1972. – 170 с.
4. Лысенко М.П. Состав и физико-механические свойства грунтов. – М.: Недра, 1972. – 319 с.
5. Маслов Н.Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов. – М.: Энергия, 1982. – 511 с.
6. Махмутов М.М., Славкин В.И. и др. Влияние параметров колесного движителя с устройствами противоскольжения на длину смятия почвы // Техника в сельском хозяйстве, 2010, № 5. – С. 27-30.
7. Махмутов М.М., Маланичев И.В. Теоретические аспекты влияния на сцепные свойства и уплотняющее воздействие параметров колесного движителя // Проблемы механизации сельского хозяйства: юбилейный сборник научных трудов / КГСХА. Факультет МСХ. – Казань, 2000. – С. 177-201.
8. Нерпин С.В., Чудновский А.Ф. Физика почв. – М., Наука, 1967. – 584 с.
9. Орда А.Н. Исследование механики колеобразования и уплотнения почвы колесными движителями и обоснование требований к многоосным ходовым системам: Автореферат дис...канд. техн. наук. – Минск, 1978. – 14 с.

Sakhapov R.L. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: rustem@sakhapov.ru

Makhmutov M.M. – candidate of technical sciences, senior lecturer

E-mail: maratmax@yandex.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Options of packages of different types of soils**Resume**

This article describes several types of packages soils and determine their geometrical and physical-mechanical properties [1-4]. Knowing the ratio of the volume allocated to elementary structural cells to the volume occupied by the pores, determined the porosity of soils. Higher values of $Z_{\text{ш}}$ porosity of the soil decreases according to the exponential curve. With increasing number of touchpoints from 6 to 8 porosity is reduced by 16 %, while increasing in the 8-12 range is reduced by 6 %. Therefore, with increasing density of soil the number of touch points

took lost. With the increase of soil porosity in the range of 0,26 to 0,32 the ratio of the geometric parameters r_c/d_m reduced by 0,009 %, however, with further increase in the porosity ratio is increased to 1,00 % Thus, the dependence of the ratio of r_c/d_m on porosity of soils has an extreme value of the function and the minimum value of 0,71 % in porosity of 0,32 %.

Keywords: physico-mechanical properties, soil, cubic, hexagonal packing, the porosity.

Reference list

1. Abelian Y.M., Krutov V.I. the Erection of buildings and structures on bulk soils. – M.: Gastrolizer, 1962. – 241 p.
2. Brehman A.I., Sakhapov R.L., Absalamova C.G. Innovation model of integration science and business in road-building // *Nauka i technica v doroshno-stroitelnoy otrasli*, 2014, № 3. – P. 39-41.
3. Kotlov V.F. Anthropogenic geological processes and phenomena on the territory of the city. – M.: Nauka, 1972. – 170 p.
4. Lysenko M.P. Composition and physico-mechanical properties of soils. – M.: Nedra, 1972. – 319 p.
5. Maslov N.N. Foundations of engineering Geology and soil mechanics. – M.: Energiya, 1982. – 511 p.
6. Makhmutov M.M., Artyukhov V.I. The influence of the wheel mover with anti-skid devices on the length of the collapse of the soil // *Technika v selskom khozayistve*, 2010, № 5. – P. 27-30.
7. Makhmutov M.M., Malanichev I.V. Theoretical aspects of the influence on adhesion and sealing effect of the parameters of the wheel mover // *Problems of agricultural mechanization: a jubilee collection of scientific papers / KGSA. Department of the Ministry of agriculture.* – Kazan, 2000. – P. 177-201.
8. Nerpin S.V., Chudnovsky A.F. Physics of soils. – M.: Nauka, 1967. – 584 p.
9. Orda A.N. The study of mechanics of cleopatras and soil compaction paddle wheels and justification of requirements for multi-axis handling systems: abstract of thesis...cand. tech. sciences. – Minsk, 1978. – 14 p.