

**НАУЧНЫЕ, ИНЖЕНЕРНЫЕ ПРИНЦИПЫ  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ  
ПНЕВМООПОРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ  
ДЛЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

ХРУСТАЛЕВ Б.М., АКЕЛЬБЕВ В.Д.

*Белорусский национальный технический университет*

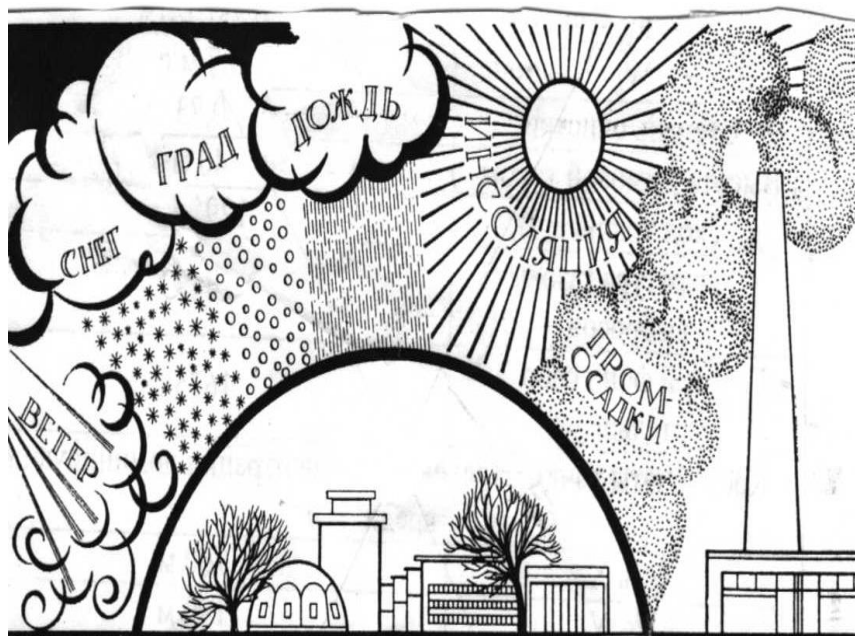


Рис. 1. Пневмоопорные объекты в окружающей среде

Численное моделирование трехмерной конвекции с использованием двумерных модельных уравнений:

- уравнение неразрывности

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} + \left( \frac{\partial w_x}{\partial x} + \frac{\partial w_y}{\partial y} + \frac{\partial w_z}{\partial z} \right) \rho = 0;$$

- уравнение Клапейрона–Менделеева

$$p = \frac{P}{\mu} RT ;$$

- гидродинамики

$$\begin{cases} \frac{\partial w_x}{\partial \tau} + w_x \frac{\partial w_x}{\partial x} + w_y \frac{\partial w_x}{\partial y} + w_z \frac{\partial w_x}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \eta \left( \frac{\partial^2 w_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w_x}{\partial z^2} \right) \\ \frac{\partial w_y}{\partial \tau} + w_x \frac{\partial w_y}{\partial x} + w_y \frac{\partial w_y}{\partial y} + w_z \frac{\partial w_y}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \eta \left( \frac{\partial^2 w_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w_y}{\partial z^2} \right) - g \\ \frac{\partial w_z}{\partial \tau} + w_x \frac{\partial w_z}{\partial x} + w_y \frac{\partial w_z}{\partial y} + w_z \frac{\partial w_z}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \eta \left( \frac{\partial^2 w_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w_z}{\partial z^2} \right) ; \end{cases}$$

- уравнение теплопроводности

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + w_x \frac{\partial t}{\partial x} + w_y \frac{\partial t}{\partial y} + w_z \frac{\partial t}{\partial z} = \frac{1}{c(t) \cdot \rho} \cdot \left( \frac{\partial \left( \lambda(t) \cdot \frac{\partial t}{\partial x} \right)}{\partial x} + \frac{\partial \left( \lambda(t) \cdot \frac{\partial t}{\partial y} \right)}{\partial y} + \frac{\partial \left( \lambda(t) \cdot \frac{\partial t}{\partial z} \right)}{\partial z} \right) .$$



Рис. 2. Термограмма и фотосъемка наружной поверхности оболочки объекта

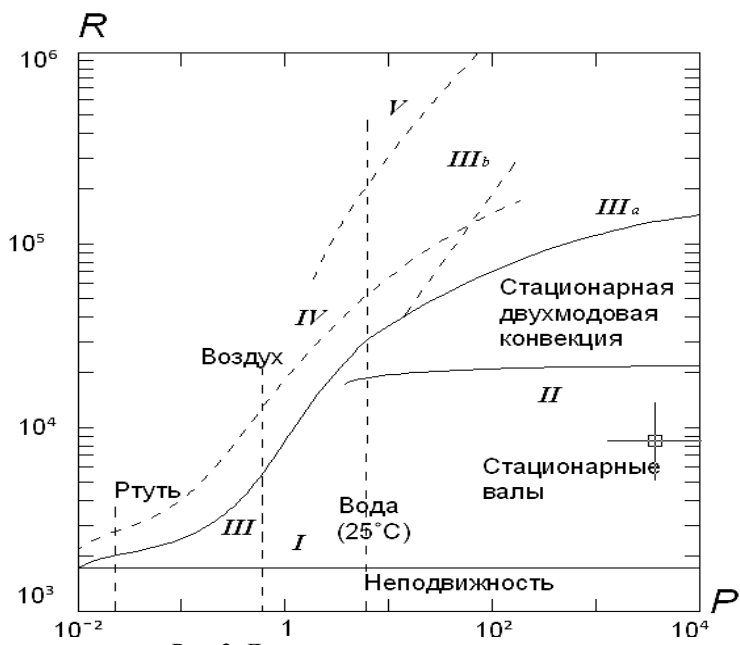


Рис. 3. Диаграмма режимов конвекции (Ху, Еске, Ахлерс, 1994г., Кришнамурти, 1970, 1973)

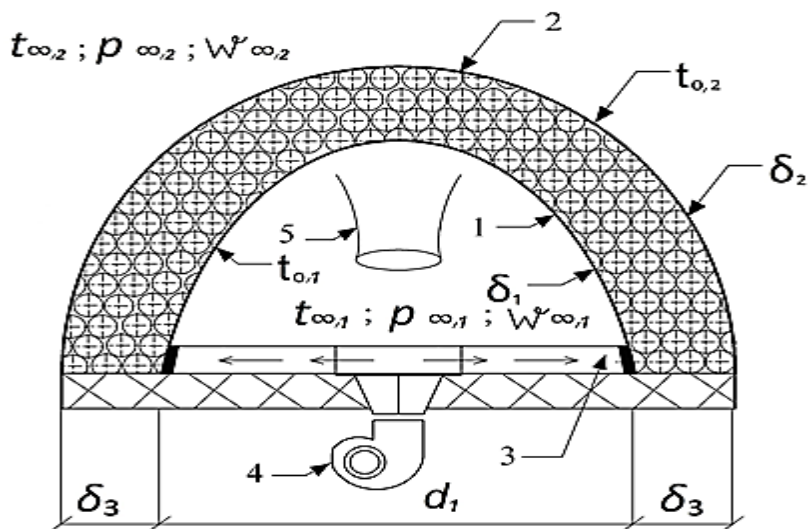


Рис. 4. Схема предлагаемого комплекса пневмоопорной оболочки

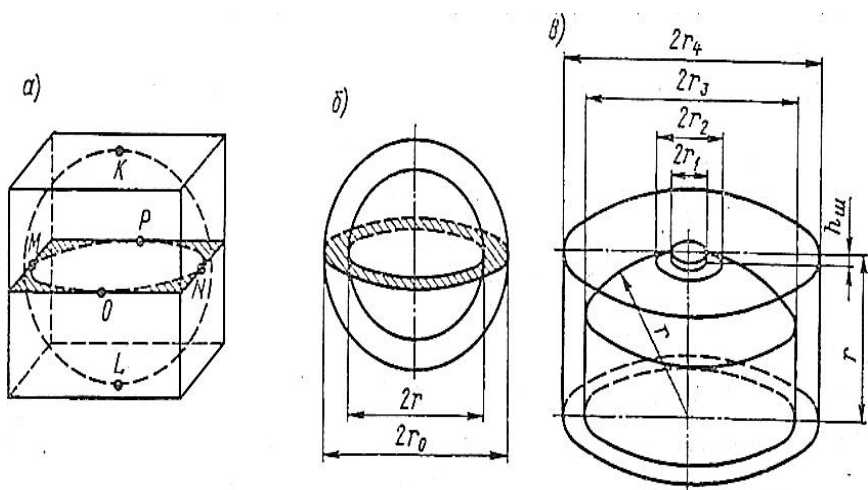


Рис. 5. К определению осреднения геометрических параметров элементов трубки тока в каркасе: *a* — расположение контактов сквозных пор в кубической кладке шаров; *б* — среднее поперечное сечение сквозных пор; *в* — элемент хаотической структуры с осредненными параметрами

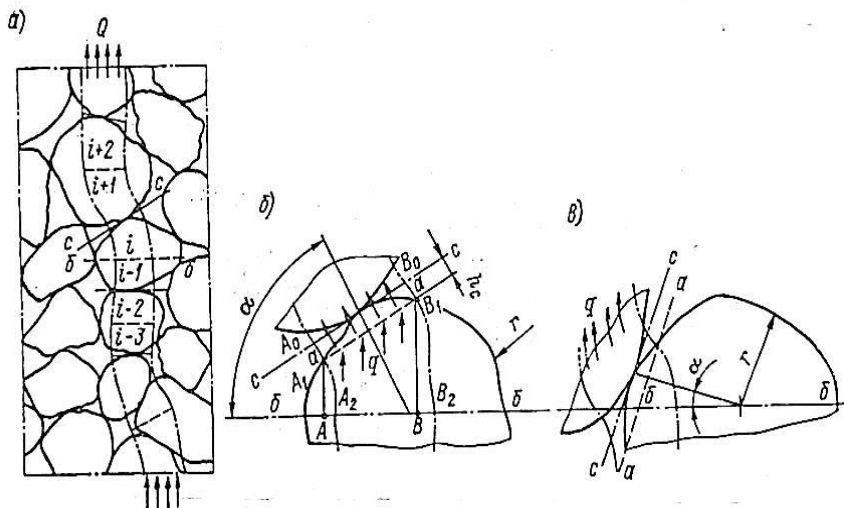


Рис. 6. К учету хаотического характера кладки частиц в каркасе: *a* — трубки тока в каркасе; *б* — элемент трубки тока первого типа; *в* — элемент трубки тока второго типа

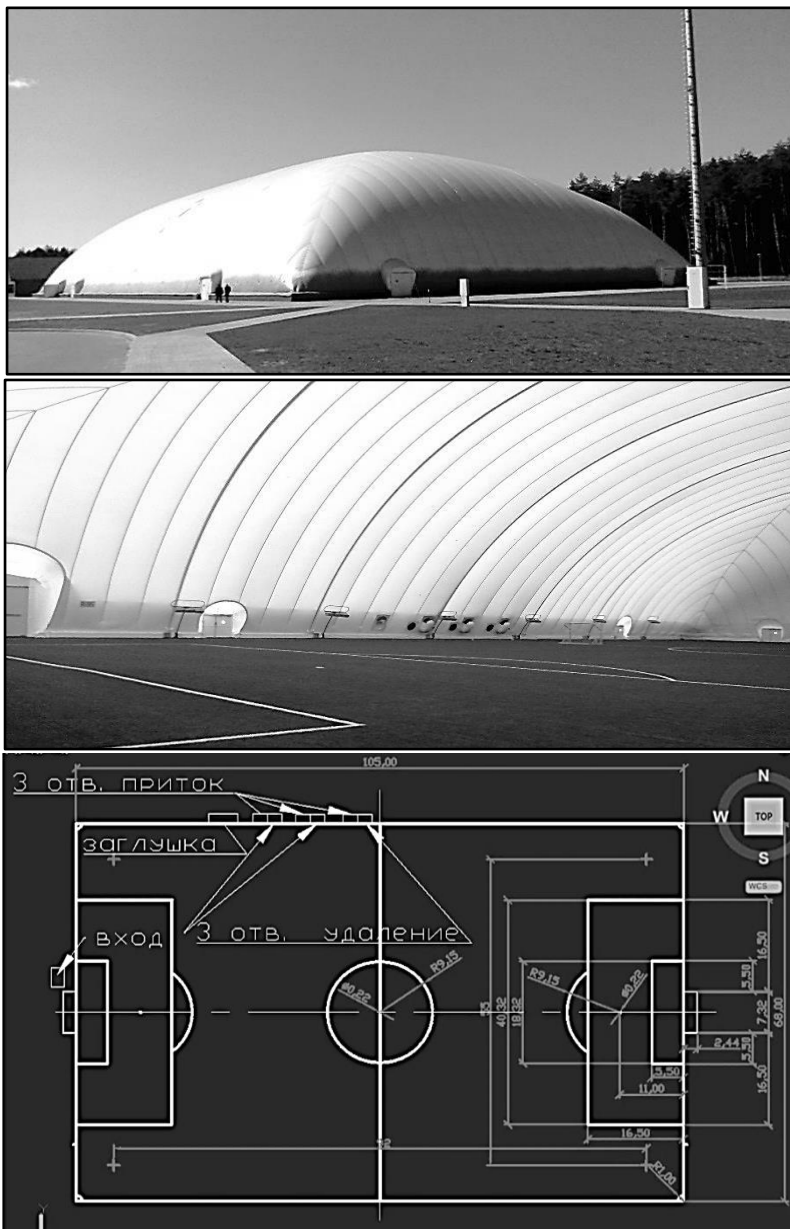


Рис. 7. Оболочка («Академия футбола», 2015 г.)