

УДК 551.515:532.5.18

Канд. техн. наук И.Г. Гуршев*

О ВЕРТИКАЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ЧАСТИЦ ПЕСКА В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ*ПЕСЧАНАЯ БУРЯ, РАЗМЕР ЧАСТИЦ, РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПО ВЫСОТЕ*

Анализ полученных ранее формул, описывающих вертикальное распределение концентрации частиц с высотой переноса во время бурь, показал преобладание мелких частиц песка над более крупными частицами на верхней границе приземного слоя атмосферы.

Во время песчаной бури, в случае безразличной стратификации атмосферы, концентрация песка $c(z)$ в приземном слое ветропесчаного потока описывается функцией

$$c(z) = c_1 \left(\frac{z}{z_1}\right)^{-\beta} \quad (\text{а}), \quad \text{или} \quad c^* = \frac{1}{z^{*\beta}} \quad (\text{б}), \quad (1)$$

где c_1 – концентрация песка на высоте $z_1 = 1$ м, z – величина вертикальной координаты по оси OZ , начало которой находится на поверхности верхнего слоя частиц, $z^* = z/z_1$ – безразмерное значение координаты z , $c^* = c/c_1$ – безразмерная величина концентрации песка, β – экспериментально определяемая величина [1, 2, 3, 4, 8].

Как показано в работах [1, 2, 3, 8], величина β является функцией отношения w_g/u_* . Прандтль в работе [3] получил показатель степени β в следующем виде

$$\beta = \frac{w_g}{bu_*} = \lambda w_g, \quad \lambda = \frac{1}{bu_*}, \quad (2)$$

где u_* – динамическая скорость потока, w_g – скорость свободного гравитационного падения частиц песка, b – безразмерная постоянная. По оценке Прандтля постоянная b имеет значения $b = 0,55 \dots 0,65$ [3].

Для развитых пыльных бурь в условиях стационарного во времени и однородного в пространстве потока с мелкими взвешенными монодисперсными частицами пыли размером порядка мкм Баренблатт и Голицын [1, 2, 8] теоретически получили следующее выражение для профиля объемной концентрации

* АО Жасыл Даму МОСВР РК, г. Алматы

$$s(z) = s_0 \left(\frac{z}{z_0} \right)^{-\frac{w_g}{\alpha_0 \cdot \kappa \cdot u_*}}, \quad (3)$$

здесь $\alpha_0 = k_m / k_\tau$ – отношение коэффициентов обмена массы и импульса, $\kappa = 0,4$ – постоянная Кармана.

Показатель степени β имеет следующий вид $\beta = w_g / \alpha_0 \kappa u_*$. Значит, величина c^* является также функцией скорости падения частиц песка w_g , а не только функцией переменной z^* .

Согласно работам [6, 7], величина w_g связана со средним геометрическим размером x_0 песчаных частиц. Используя эмпирическую зависимость между w_g и x_0 , полученную Шаповым [7], можно определить средний геометрический размер частиц x_0 . Таким образом, величина концентрации песка на произвольно заданной высоте $z = h$ также определяется значением x_0 .

Равенство (1б) можно представить таким образом

$$c^* = \frac{1}{h_1^{\lambda w_g}}, \quad h_1 = \frac{h}{z_1}. \quad (4)$$

В работе [5] показано, что на высоте $h = 16$ м функция распределения частиц по размерам имеет максимум при значении переменной $x_0 = 50$ мкм, т.е. на этой высоте частицы песка с такими размерами преобладают над частицами других размеров. Ниже приводится возможное объяснение такому положению. Используя равенство (1б), получим следующие соотношения для концентрации частиц песка с произвольными скоростями падения w_{g1} и w_{g2} ($w_{g1} \neq w_{g2}$) на произвольной высоте h_2

$$c_{11}^* = h_2^{-\beta_1} \quad (\text{а}), \quad \text{и} \quad c_{22}^* = h_2^{-\beta_2} \quad (\text{б}), \quad (5)$$

где c_{11}^* , c_{22}^* – соответственно безразмерные концентрации песка со скоростями w_{g1} и w_{g2} . Предположим, для определенности, что $w_{g1} > w_{g2}$, т.е. выполняется неравенство $\beta_1 > \beta_2$. Поделив равенство (5б) на равенство (5а), получим

$$\frac{c_{22}^*}{c_{11}^*} = \frac{h_2^{-\beta_2}}{h_2^{-\beta_1}} = h_2^{-\beta_2 - (-\beta_1)} = h_2^{\beta_1 - \beta_2}. \quad (6)$$

Так как $\beta_1 > \beta_2$, то $\beta_3 = \beta_1 - \beta_2 > 0$. Поэтому функция $c_{22}^* = c_{11}^* h_2^{\beta_3}$ является возрастающей функцией, и $c_{22}^* > c_{11}^*$. Последнее неравенство показыва-

ет, что частиц песка размером x_{02} больше, чем частиц с размером x_{01} , так как величина w_g зависит от величины x_0 [6, 7]. Если принять h_2 равной величине высоты приземного слоя атмосферы, то в этом случае получаем, что на верхней границе приземного слоя преобладают частицы песка с небольшими размерами. Такие частицы легко проникают в пограничный слой атмосферы и увеличивают его загрязнение твердым аэрозодем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баренблатт Г.И., Голицын Г.С. Локальная структура развитых пыльных бурь. – М.: Изд-во МГУ, 1973. – 44 с.
2. Баренблатт Г.И. О движении взвешенных частиц в турбулентном потоке // Прикладная математика и механика. – 1953. – Т. 17, Вып. 3 – С. 261-274.
3. Прандтль Л. Гидроаэромеханика /Пер. с нем. – 2-ое изд. – М.: Изд-во иностр. лит., 1951 – 575 с.
4. Семёнов О.Е. О массовой концентрации частиц в пограничном слое ветропесчаного потока // Гидрометеорология и экология. – 2009. – № 2. – С. 7–27.
5. Семёнов О.Е. Об ускорении потока во время сильных песчаных и пылевых бурь // Гидрометеорология и экология. – 2000. – № 3-4. – С. 23 – 48.
6. Семёнов О.Е. О физическом содержании параметров профилей массовой концентрации частиц в пограничном слое ветропесчаного потока // Гидрометеорология и экология. – 2010 – №1. – С. 11-21.
7. Шапов А.П. Определение гидродинамической крупности частиц реального песка // Гидрометеорологические проблемы Приаралья. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – С. 154-157.
8. Barenblatt G.I., Golitsyn G.S., Local structure of Mature Dust Storms // Journal of the Atmospheric Sciences, – 1974. – V. 31, No 7, – P. 1917-1933.

Поступила 4.09.2013

Техн. ғылымд. канд. И.Г. Гуршев

АТМОСФЕРАНЫҢ ЖЕР БЕТІ ҚАБАТЫНДА ҚҰМ БӨЛШЕКТЕРІНІҢ ТІГІНЕН ТАРАЛУЫ

Дауыл уақытындағы бөлшектер концентрациясының тасымалдануын тігінен таралуын суреттейтін, бұрын алынған формулалар талдау барысында атмосфераның, ауаның жер беті қабатының жоғарғы шекарасындағы құм бөлшектерінің майдасы ірі бөлшектерден көп болатынын көрсетті.