

Атмосфера

Отказ от детального розыгрыша отдельных событий и переход на розыгрыш лишь основных существенных параметров и их связей, выявленных в процессе моделирования ШАЛ как явления, позволяет во много раз ускорить расчет и получать таким образом распределения с минимальными статистическими искажениями.

5.2 Модель атмосферы

При пересчете от линейных расстояний высоты атмосферы к количеству вещества, преодоленного частицами ливня в атмосфере, приходится пользоваться моделью атмосферы, по возможности, близкой к реально имеющейся в эксперименте.

Модель нижней части атмосферы (тропосферы) для любых наблюдаемых температуры и давления легко построить по аналогии со стандартной атмосферой [68], считая, что:

- в любой атмосфере сохраняются температура в тропопаузе на высоте 11 км: $t_{11} = -56.5^\circ C$,
- полная глубина атмосферы $X_0 = 1033$ г/см²,
- температура T меняется с высотой H линейно:

$$\begin{aligned} T &= T_0 + \text{grad}(T) \cdot H \\ \text{grad}(T) &= (t_{11} - t_0)/11. \end{aligned} \tag{5.1}$$

- а воздух является сухим идеальным газом.

Для такого газа, имеющего давление P температуру T и плотность ρ , остается константой величина

$$P/(T \cdot \rho) = R^*/M \text{ (уравнение состояния)} \tag{5.2}$$

где

R^* – универсальная газовая постоянная,

M – молярная масса воздуха

и справедлива барометрическая формула (или уравнение статики атмосферы):

$$dP = -g \cdot \rho \cdot dH \quad (5.3)$$

Решая это дифференциальное уравнение совместно с уравнением состояния воздуха для линейного изменения температуры с высотой и отличного от нуля градиента температур 5.3, получим:

$$P = P_0 \cdot (1 + \text{grad}(T) \cdot H/T_0)^{-g \cdot M/(\text{grad}(T) \cdot R^*)} \quad (5.4)$$

Напомним, что в данном случае

$$P_0 = X_0 = 1033 \text{ г/см}^2$$

$$g = 9.807 \text{ м/сек}^2,$$

$$R^* = 8.31 \text{ дж/(моль} \cdot \text{град)}$$

и для воздуха $M = 28.964 \text{ кг/кмоль}$.

Давление P и есть глубина атмосферы X выраженная в г/см^2 .

На рисунке 5.1 точками показана зависимость, полученная по формуле 5.4 для температуры на уровне моря $t_0 = -17.5^\circ\text{C}$. На высоте Тункинской долины эта температура достигает -20°C , что соответствует средней зимней температуре в данной местности.

Из предлагаемых в пакете CORSIKA вариантов расчетной атмосферы ближе всего к наблюдаемой в Тункинской долине оказалась зимняя атмосфера Гамбурга (MODATM 3), показанная на том же рисунке сплошной линией. Эта атмосфера и использовалась при моделировании эксперимента и расчетах по программе CORSIKA.

При анализе реальных событий использовалась модель атмосферы, соответствующая формуле 5.4.

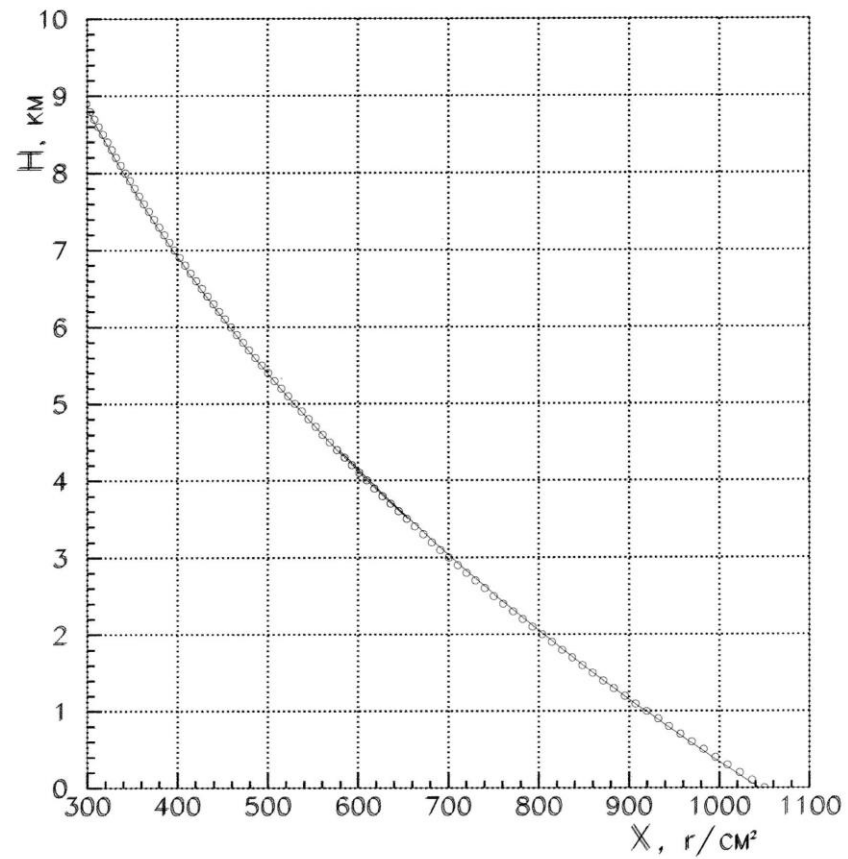


Рис. 5.1: Зависимость высоты атмосферы в [км] от глубины атмосферы в [$\text{г}/\text{см}^2$]. Точками показана зависимость, полученная по формуле 5.4, сплошной линией — расчет по программе CORSIKA.