

В данной задаче рассматривается упрощенная модель тропического циклона. В этой модели циклон рассматривается как гигантская тепловая машина, работающая по циклу Карно.

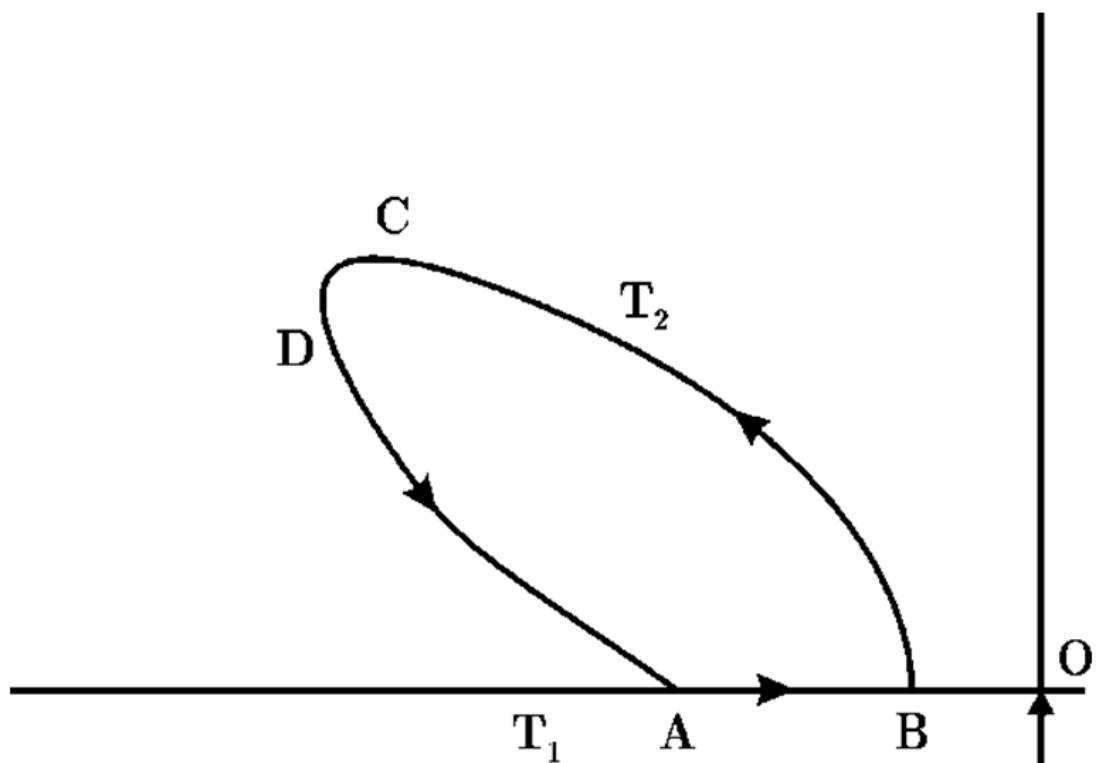


Рис. 1. Схема потоков воздушных масс

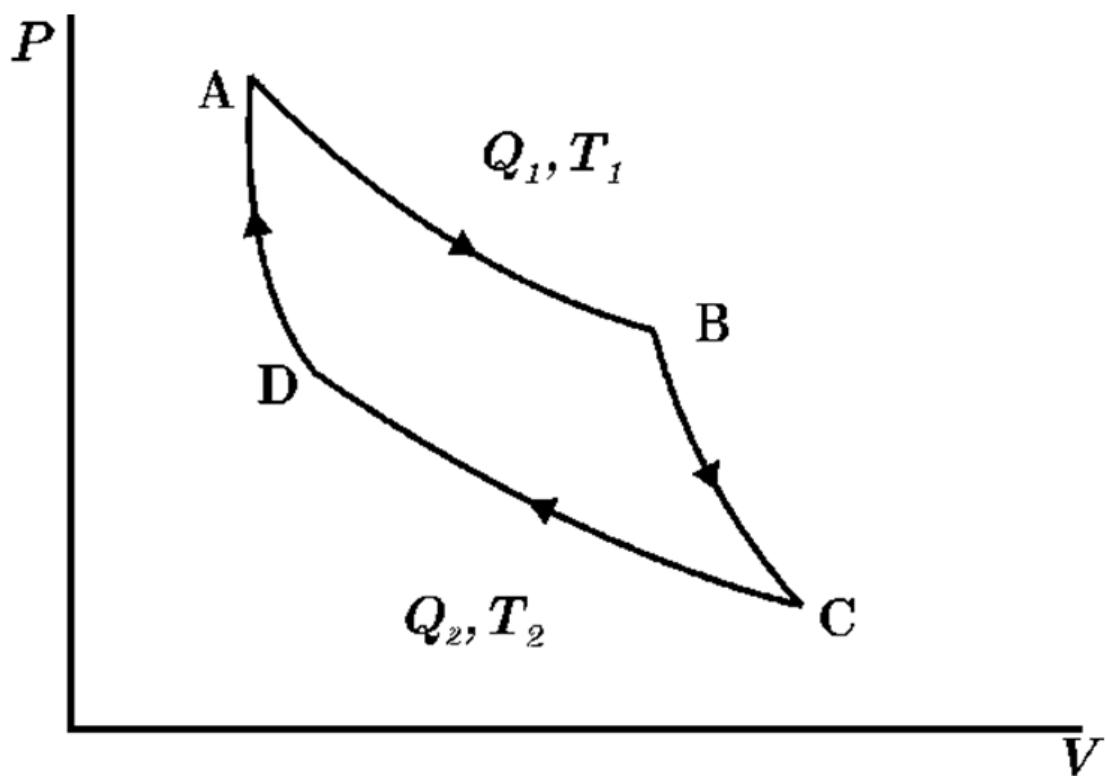


Рис. 2. Цикл Карно

Масса сухого воздуха Δm перетекает вдоль поверхности океана из области высокого давления (A) в область низкого давления (B), близкую к центру шторма O (рис. 1), захватывая по пути влагу (пары воды). Вместе с парами у океана отбирается теплота Q_1 . Воздушные массы, насыщенные водяными парами, поднимаются в тропосферу (участок BC). В тропосфере (участок CD) они разряжаются тропическим ливнем, отдавая при этом энергию Q_2 .

A1

Используя первый закон термодинамики, найдите выражение для Q_1 (см. рис. 2) через L – удельная теплота испарения, Δq – масса влаги захваченной воздушной массы Δm на пути от A к B , P_A и P_B – давление в т. A и т. B соответственно. Используйте универсальную газовую постоянную R , температуру T_1 поверхности моря, молярную массу M воздуха.

A2

Найдите полную работу, произведенную за один цикл Карно тепловой машиной над массой воздуха Δm .

A3

Предполагая, что работа, произведенная тепловой машиной, полностью идет на увеличение кинетической энергии воздушной массы, получите выражение для скорости v_B воздуха в центральной части циклона («глаз» циклона).

A4

Полагая $v_A = 0$, найдите численное значение v_B , используя следующие данные: $T_1 = 273\text{ K}$, $T_2 = 213\text{ K}$, $R = 8.31\text{ Дж/(моль} \cdot \text{K)}$, относительная влажность воздуха в т. B $\phi = 75\%$, при $T = T_1$ давление насыщенных паров $P_H = 42\text{ мбар}$, $P_A = 1000\text{ мбар}$, $P_B = 950\text{ мбар}$, средняя молярная масса воздуха $M = 29 \cdot 10^{-3}\text{ кг} \cdot \text{моль}^{-1}$, молярная масса воды $M_v = 18 \cdot 10^{-3}\text{ кг} \cdot \text{моль}^{-1}$, удельная теплота испарения воды $L = 2.26 \cdot 10^6\text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$, плотность сухого воздуха $\rho = 1.3\text{ кг/м}^3$ ($1\text{ бар} = 10^5\text{ Па}$).

A5

Полагая, что азимутальная скорость v и радиальное расстояние r от центра циклона связаны соотношением $v\sqrt{r} = \text{const}$, и что скорость v_A на внешнем крае циклона равна 10 м/с , вычислите эффективный радиус циклона (примите $r_B = 10\text{ км}$).