1.6.2. Уравнение баланса энтропии

Классическую формулировку второго начала термодинамики для замкнутой системы (фиксированной массы вещества)

$$\Delta \boldsymbol{S} = \Delta_{in}\boldsymbol{S} + \int_1^2 \frac{\delta \boldsymbol{Q}}{\boldsymbol{T}} \quad ,$$

где $\Delta\boldsymbol{S}$ – изменение энтропии системы при переходе из состояния **„1”** в состояние **„2”**; $\Delta_{in}\boldsymbol{S}$ – производство (генерирование) энтропии внутри системы; $\delta\boldsymbol{Q}$ – элементарное количество теплоты, передаваемое системе при текущем значении температуры $\boldsymbol{T}$, видоизменим, приспособив его к определению изменения энтропии перерабатываемого вещества при его прохождении через технологическую систему. Схема вывода уравнения баланса энтропии в требуемой форме аналогична выводу уравнения баланса потоков энергии (см. раздел 1.3).

Пусть массовый поток вещества через систему равен $\dot{\boldsymbol{m}}$. Внутреннее состояние системы в стационарном режиме ее функционирования не изменяется, поэтому энтропия системы сохраняется постоянной. Происходит изменение энтропии проходящего через систему материального потока. Скорость изменения энтропии рабочего вещества составляет $\dot{\boldsymbol{m}}(\boldsymbol{s}_2 - \boldsymbol{s}_1)$, где $\boldsymbol{s}_1$ и $\boldsymbol{s}_2$ – удельные энтропии на входе и выходе из системы. Это изменение энтропии имеет место по двум причинам: в результате теплообмена системы с внешним окружением и вследствие неравновесных процессов, протекающих внутри системы. Скорость изменения энтропии по первой причине, если система потребляет (отдает) теплоту при температуре $\boldsymbol{T}$, равна $\dot{\boldsymbol{Q}}/\boldsymbol{T}$. Скорость генерации энтропии вследствие внутрисистемных неравновесных процессов обозначим через $\sigma_{\boldsymbol{S}}$. В итоге получаем уравнение баланса

$$\dot{\boldsymbol{m}}\Delta\boldsymbol{s} = \frac{\dot{\boldsymbol{Q}}}{\boldsymbol{T}} + \sigma_{\boldsymbol{S}}, \tag{1.24}$$

где $\Delta\boldsymbol{s} = \boldsymbol{s}_2 - \boldsymbol{s}_1$. Это уравнение (в средних по периоду величинах) переносится и на периодические процессы.

Уравнение (1.24) нетрудно обобщить на ту ситуацию, когда в теплообмене с внешним окружением участвуют части системы с разными температурами. Сохраняя обозначения, принятые в предыдущем разделе 1.6.1, получим

$$\dot{\boldsymbol{m}}\Delta\boldsymbol{s} = \sum_{\boldsymbol{i}} \frac{\dot{\boldsymbol{Q}}_{\boldsymbol{i}}}{\boldsymbol{T}_{\boldsymbol{i}}} + \sigma_{\boldsymbol{S}}. \tag{1.25}$$

Наконец, перепишем (1.25) в форме, отвечающей дифференцированному учету каждого входа и выхода материальных потоков, аналогичной уравнению баланса потоков энергии (1.10):

$$-\sum_{\boldsymbol{j}} \dot{\boldsymbol{m}}_{\boldsymbol{j}}\boldsymbol{s}_{\boldsymbol{j}} = \sum_{\boldsymbol{i}} \frac{\dot{\boldsymbol{Q}}_{\boldsymbol{i}}}{\boldsymbol{T}_{\boldsymbol{i}}} + \sigma_{\boldsymbol{S}}, \tag{1.26}$$

где $\boldsymbol{s}_{\boldsymbol{j}}$ – удельная энтропия $\boldsymbol{j}$-го материального потока.