

## **Особенности определения энергетической эффективности тепловых процессов**

Основной задачей оценки энергетических процессов любых технических систем является определение эффективности использования затраченной в них энергии. Наиболее часто используемым критерием эффективности является отношение полезной энергии к затраченной, определяемое из балансов энергетических потоков и учитывающее потери в окружающую среду. Данный показатель определяется только на основе закона сохранения энергии (чаще всего его частного случая на основе первого закона термодинамики) и, как правило, носит название коэффициента полезного действия (КПД). В строгом смысле слова применять термин «КПД» следует только при преобразовании теплоты в работу, но его используют и при тепловых преобразованиях, например, в теплообменных аппаратах, хотя в таких случаях корректнее говорить о коэффициенте преобразования энергии КПЭ. Кроме того, существенным недостатком балансового метода является ограниченная возможность учесть особенности неравновесных процессов. Эти недостатки хорошо известны, однако концепция КПД и КПЭ широко используется в науке и технике, потому что данные критерии просты в применении и наглядны. Для исследования обратных циклов холодильных и теплонасосных установок используется холодильный коэффициент (ХК), несводимый ни к КПД, ни к КПЭ. Ведутся исследования по разработке универсального показателя.

Многие из реальных технологических процессов не могут быть охарактеризованы совершением полезной работы. К таким процессам следует отнести, в частности, рассеивание теплоты в окружающую среду при отоплении жилых зданий и поглощение тепла при кондиционировании. Неразрешённой задачей остаётся определение энергетической эффективности процесса отопления помещения. При отоплении основная часть тепловой энергии расходуется на поддержание постоянной температуры внутреннего воздуха. При вычислении эффективности здания

исследователи используют удельное теплотребление: теплотребление, отнесённое к единице площади. Также для описания тепловой эффективности применяются различные теплофизические свойства. При этом удельное теплотребление зависит от температуры внутреннего воздуха, температуры наружного воздуха, теплофизических свойств ограждающих конструкций и условий теплообмена между воздухом и стеной. Стандартные значения удельного теплотребления существенно меняются в зависимости от климатических условий. Следовательно, данный критерий не универсален и недостаточно удовлетворителен для оценки тепловой эффективности здания.

Отличительной особенностью процесса отопления является неопределенность «полезной» энергии, поскольку сам процесс в них направлен на поддержание заданной (отличной от окружающей среды) температуры в помещении, и количество подведенной теплоты  $Q_1$  в них равно отведенной  $Q_2$ . Так как рассеиваемая и поглощаемая теплота в данных процессах не может рассматриваться как полезная, то применение общепринятых показателей эффективности для таких процессов не представляется возможным. При оценке эффективности отопления с помощью метода КПЭ получается нулевая эффективность, поскольку  $1 - Q_2/Q_1 = 0$ . Кроме того, балансовые методы не позволяют учесть качество затрачиваемой энергии.

Все реальные процессы протекают неравновесно, поэтому для их адекватной оценки необходимо применять закономерности термодинамики неравновесных процессов. Центральными понятиями термодинамики неравновесных процессов являются энтропия и производство энтропии. Среди методов, позволяющих учесть неравновесность реальных процессов, наиболее часто используется эксергетический анализ, дающий возможность рассчитать не только количество, но и качество энергии. Кроме того, находит применение метод технически наименьших потерь эксергии.

Эксергетический метод имеет ряд недостатков. Эксергетический метод

опирается на постоянные параметры окружающей среды. Эти параметры могут быть различны, и соответственно результаты также могут значительно отличаться друг от друга. При использовании одновременно эксергетического и балансового методов получаются противоречащие друг другу результаты.

Указанные методы, как правило, не дают возможности определить эффективность процесса в произвольной точке, позволяют вычислить только итоговый результат по начальным и конечным параметрам. Также они вынуждены учитывать температуру окружающей среды как постоянную, хотя в реальности она может изменяться и во времени, и в пространстве в окрестности рассматриваемого объекта.

И. Пригожиным на основе уравнений Онсагера доказана теорема о минимуме производства энтропии. Циглер сформулировал принцип максимума производства энтропии MEPP. Бежан предложил принцип наименьшего производства энтропии EGM. Методы, основанные на определении производства энтропии, позволили получить значительные результаты при описании неравновесных процессов в различных областях фундаментальных и прикладных исследований. В рамках теории информации, рассматривающей энтропию как меру беспорядка, был предложен термин «негэнтропия», или «отрицательная энтропия». Вместе с тем, методы неравновесной термодинамики не нашли широкого применения в прикладной теплотехнике и теплоэнергетике.

Поскольку применение известных критериев эффективности теплоснабжения не представляется возможным, то необходима разработка нового метода, учитывающего неравновесность процессов. Применение метода производства энтропии в этом случае позволит разработать критерий, характеризующий степень термической эффективности зданий, и обобщить на всю систему теплоснабжения.