

1. Критерии термодинамической эффективности технологических систем

1.1. Обобщенный образ технологической системы

Для оценки эффективности функционирования конкретной технологической системы независимо от уровня ее сложности (отдельный аппарат, установка, агрегат в составе производства или производство в целом) целесообразно воспользоваться моделью «черного ящика» с сосредоточенными входами и выходами потоков вещества и энергии. Пусть в системе за каждый технологический цикл – при периодическом режиме работы установки, либо в течение произвольного конечного временного интервала – в стационарном режиме, происходит преобразование массы m исходных веществ, взятых в определенной пропорции, в известные конечные продукты и отходы технологического процесса, масса которых сохраняется равной массе исходных веществ. В ходе процесса выделенная порция исходных веществ переводится из некоторого начального термодинамического состояния „1” в конечное термодинамическое состояние „2”. Здесь подразумевается, что как начальное, так и конечное состояния вещества характеризуются достаточно полной совокупностью физико-химических параметров каждого из отдельных материальных потоков, соответственно поступающих и выходящих из системы (химический состав, давление, температура и т.д.).

Так, современный агрегат производства азотной кислоты преобразует суммарный поток исходных веществ – жидкого аммиака, воздуха, питающей воды и природного газа (последний используется в качестве реагента для нейтрализации остаточных количеств оксидов азота на выхлопе установки) в суммарный поток конечных продуктов – концентрированной азотной кислоты (целевой продукт), водяного пара (сопродукт) и сбросовых газов (отходы производства) – см. рис. 1.1; 1.3 и 1.14. Химическое преобразование материальных потоков в установке сопровождается значительным по величине переходом энергии из одной формы в другую: высокопотенциальная химическая энергия аммиака и природного газа превращается в тепловую энергию водяного пара и в теплоту, рассеиваемую в окружающую среду.

Тепловая электростанция, работающая на природном газе, преобразует потоки газа, воздуха и питающей воды в материальные потоки водяного пара и дымовых газов и в поток электрической энергии.

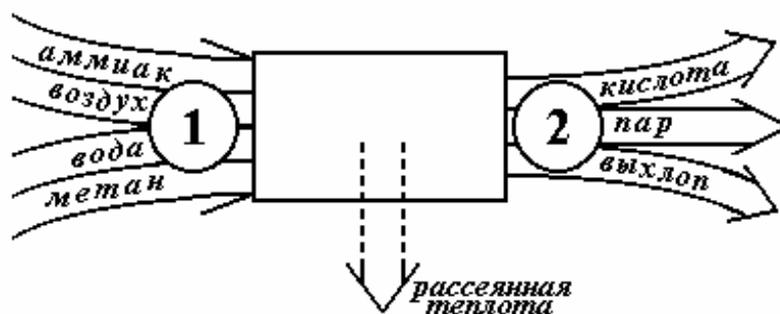


Рис.1.1. Входящие и выходящие потоки в установке для получения азотной кислоты из аммиака; 1 и 2 обозначают начальное и конечное состояния совокупного материального потока через установку.

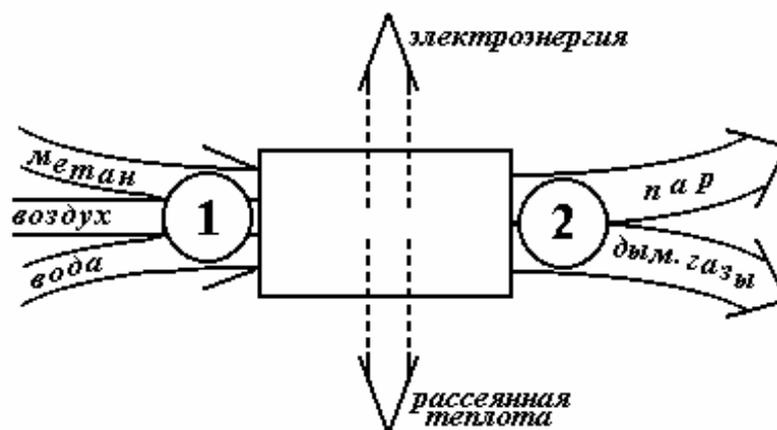


Рис.1.2.

Входящие и выходящие потоки на тепловой электростанции.

Информация о химическом составе и термодинамических параметрах материальных потоков на входе и выходе системы плюс информация о суммарных потоках энергии в виде теплоты или работы, потребляемых (или генерируемых) системой, вполне достаточна, чтобы интегральным образом охарактеризовать эффективность ее функционирования как в отношении полноты использования сырьевых материалов (степени их превращения в целевые продукты), так и в отношении рационального потребления энергоресурсов. Интегральные, основанные на параметрах входов и выходов, характеристики систем играют в технологии двоякую роль. Во-первых, они позволяют ранжировать разнообразные варианты решений одной и той же технологической задачи по эффективности использования материальных и энергетических ресурсов. Во-вторых, поскольку фундаментальные законы природы накладывают строго определенные ограничения на полноту протекания взаимных превращений веществ и форм энергии, интегральные характеристики технологической системы достаточны для того, чтобы, отвлекаясь от всех деталей ее внутренней структуры и механизмов

функционирования, оценить степень приближения реальной системы к гипотетическому, но разрешенному законами природы пределу. Такого рода оценки позволяют установить имеющиеся резервы для дальнейшего совершенствования технологических систем различного назначения с целью сбережения природных ресурсов.

Для теории энергосберегающих технологий основополагающее значение имеет следующая постановка вопроса. Пусть некоторая совокупность исходных веществ, природного происхождения или промышленных полупродуктов, перерабатывается в определенные целевые химические продукты и неизбежные производственные отходы. Другими словами, пусть некоторый совокупный материальный поток из исходного состояния „1” преобразуется в известное конечное состояние „2” (как это схематически показано на рис.1.1 и 1.2). Можно ли указать такие траектории проведения процесса $1 \rightarrow 2$, т.е. такие последовательности промежуточных состояний перерабатываемого вещества при его переходе из состояния **1** в состояние **2**, которым отвечает наиболее эффективное использование как энергии от внешних источников, так и собственной внутренней энергии исходных реагентов? Термодинамика положительно отвечает на этот вопрос, одновременно предлагая и универсальный критерий эффективности использования энергоресурсов различной природы. Можно сказать, что, в свою очередь, задачей технологии как самостоятельной науки является разработка способов реализации траекторий, близких к оптимальным в указанном смысле.