

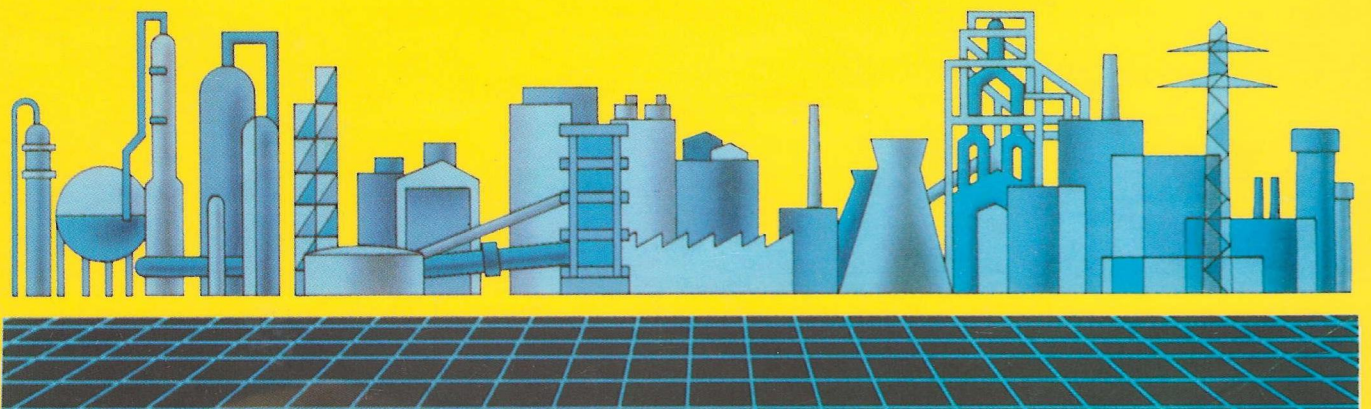
ISBN 5-7763-2106-9
ISBN 5-7763-2107-7

ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЩОКВАРТАЛЬНИЙ НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ



2'2003



УДК 662.6:621

Товажнянский Л.Л., Капустенко П.А., Ульев Л.М., Зулин Б.Д., Павленко В.Ф.

АЛГОРИТМ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВНЫХ КРИВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОТОКОВ

Внедрение энергосберегающих технологий в промышленности обуславливают потребность развития программного обеспечения для выполнения вычислений по оптимизации теплообмена между технологическими потоками при проектировании и реконструкции.

При проведении расчётов тепловых сетей с использованием методов пинч-анализа [1] строятся составные кривые для холодных и горячих потоков. На основании данных потоков определяются все начальные и конечные температуры, а также значения потоковой энтальпии для каждого из них (рис 1а). Отсортированный набор всех температур потоков определяет количество узлов составной кривой. Из набора исключаются одинаковые значения температур, кроме температур потоков процессов с изменением агрегатного состояния (испарения-конденсации), для которых значения начальных и конечных температур равны. Для нахождения значений потоковой энтальпии каждого отрезка определяются интервалы температур, общие для различных потоков, затем суммируются изменения энтальпий всех потоков в температурных интервалах. Области процессов испарения-конденсации на составной кривой представлены горизонтальными участками. Так как набор значений температур определяет узлы кривой, то в интервалах температур, в которых отсутствуют потоки, сегменты составной кривой соединяются вертикальным отрезком — T_5-T_6 на рис 1б.

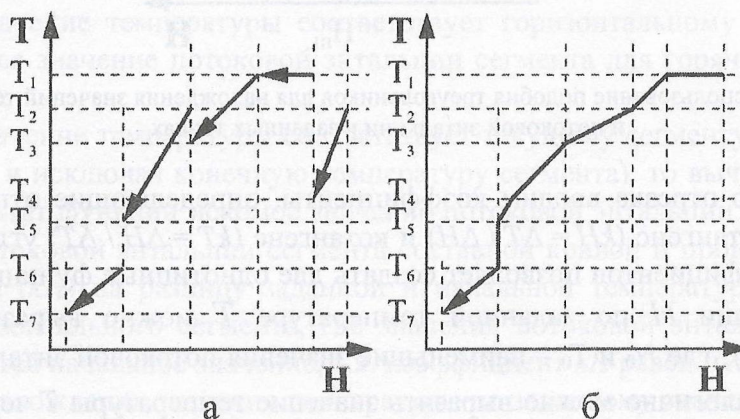


Рисунок 1 – Построение составной кривой

Исходя из величины капитальных затрат и энергоносителей определяется оптимальная схема проекта. Величиной, описывающей тепловую сеть, является ΔT_{min} , которая представляет собой минимальную разность температур между составными кривыми холодных и горячих теплоносителей. При построении составные кривые первоначально размещаются последовательно друг за другом (рис 2а), затем сдвигаются до касания (рис 2б), а уже потом раздвигаются до точки оптимального значения ΔT_{min} (рис. 2в). Для нахождения точки касания необходимо определить значения потоковых энтальпий, а для нахождения значений ΔT_{min} необходимо определить значения температур в произвольных точках кривых (рис 2в).

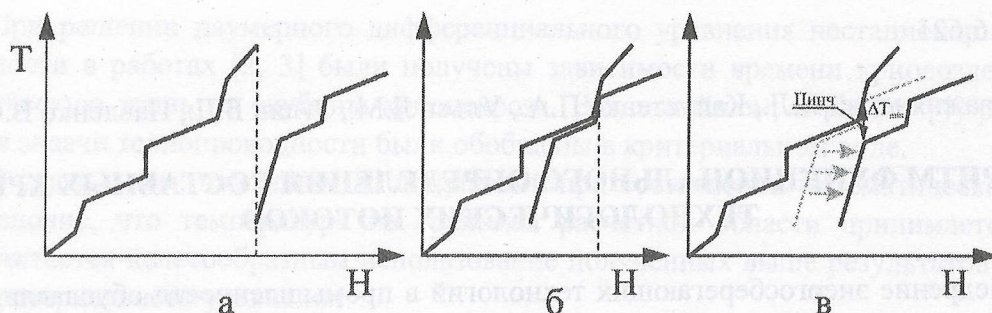


Рисунок 2 – Построение кривых для заданного значения ΔT_{\min}

Отрезок составной кривой, у которого значения температур и потоковых энтальпий в узлах различны, т.е. он имеет угол наклона, можно представить как гипотенузу прямоугольного треугольника, а величины температур и потоковых энтальпий – как катеты (рис. 3). Для определения значения температуры по заданному значению потоковой энтальпии, или значения потоковой энтальпии по заданному значению температуры используем подобие треугольников (рис. 3).

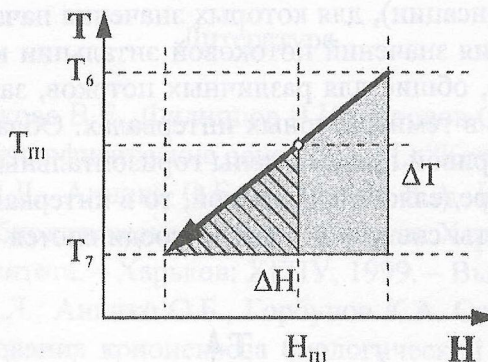


Рисунок 3 – Использование подобия треугольников для нахождения значений температуры и потоковой энтальпии в заданных точках

Для каждого отрезка вводим коэффициенты, определяющие отношение катетов треугольника, или тангенс ($kH = \Delta T / \Delta H$) и котангенс ($kT = \Delta H / \Delta T$) угла наклона. Применение двух коэффициентов позволяет создать две односторонние функции. Определение потоковой энтальпии H по заданной температуре T можно выразить уравнением $H = H_0 + kH(T - T_0)$, где H_0 и T_0 – наименьшие значения потоковой энтальпии и температуры сегмента. Аналогично можно выразить значение температуры T через значение потоковой энтальпии H : $T = T_0 + kT(H - H_0)$.

При нахождении расстояния между кривыми по вертикали в узлах, принадлежащих вертикальным участкам, необходимо определить значения ближайших точек, т.к. для одного значения потоковой энтальпии существует два значения температуры (рис. 4). Для горячих потоков выбирается меньшее значение температуры вертикального отрезка (расстояние между точками 2-3 на рис. 4а), для холодных – большее (расстояние между точками 1-2 на рис. 4б). Значение коэффициента kT для вертикального участка принимаем равным минус единице, а коэффициента kH – нулю. Коэффициент kT в данном случае в вычислениях не участвует и используется для индикации вертикального участка. Нулевое значение коэффициента kH даёт нулевое приращение по потоковой энтальпии на всём вертикальном отрезке.

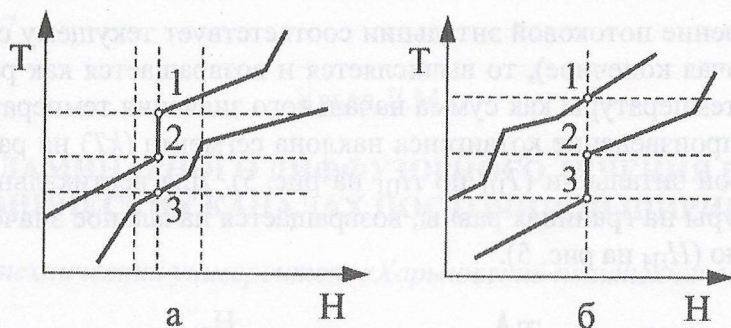


Рисунок 4 – Выбор минимального расстояния при наличии вертикальных сегментов

Соответственно для горизонтальных участков значение коэффициента kT приравняем нулю, а kH – минус единице. При определении расстояния между кривыми по горизонтали в узлах, соответствующих горизонтальным сегментам для горячих кривых выбирается большее значение потоковой энтальпии, для холодных – меньшее значение горизонтального сегмента.

Функция нахождения значения потоковой энтальпии по заданному значению температуры имеет следующий алгоритм:

1. Проверяется, находится ли заданная температура в пределах начальной и конечной температур составной кривой. Если заданная температура находится вне кривой, то функция возвращает нуль.

2. Если заданная температура совпадает со значением температуры конечного узла кривой и последний сегмент не является горизонтальным, то возвращается значение потоковой энтальпии для этого узла.

3. Организуется цикл по количеству сегментов:

- a) если значение температуры соответствует горизонтальному сегменту, то возвращается большее значение потоковой энтальпии сегмента для горячей кривой и меньшее для холодной;

- b) если значение температуры соответствует текущему сегменту (включая начальную температуру и исключая конечную температуру сегмента), то вычисляется и возвращается как результат функции искомое значение потоковой энтальпии как сумма начального значения потоковой энтальпии сегмента составной кривой и произведение тангенса наклона сегмента (kH) на разницу заданной и начальной температуры ($H_{П1}$ по $T_{П1}$ на рис. 5). Для горизонтального сегмента, где значения потоковой энтальпии на границах равны, возвращается начальное значение, т.к. коэффициент kH равен нулю ($T_{П2}$ на рис. 5).

Функция нахождения значения температуры по заданному значению потоковой энтальпии имеет схожую структуру, но в качестве коэффициента использует котангенс угла наклона (kT) и может быть описана алгоритмом:

1. Проверка диапазона.

2. Если заданная потоковая энтальпия совпадает со значением потоковой энтальпии конечного узла кривой, то возвращается значение температуры для этого узла (вертикальные сегменты не могут быть конечными, поэтому дополнительная проверка не производится).

3. Организуется цикл по количеству сегментов:

- a) если значение потоковой энтальпии соответствует вертикальному сегменту, то возвращается меньшее значение температуры сегмента для горячей кривой и большее для холодной;

б) если значение потоковой энтальпии соответствует текущему сегменту (включая начальное и исключая конечное), то вычисляется и возвращается как результат функции искомое значение температуры как сумма начального значения температуры сегмента составной кривой и произведение котангенса наклона сегмента (kT) на разницу заданной и начальной потоковой энтальпии ($T_{П1}$ по $H_{П1}$ на рис. 5). Для вертикального сегмента, где значения температуры на границах равны, возвращается начальное значение, т.к. коэффициент kT равен нулю ($H_{П4}$ на рис. 5).

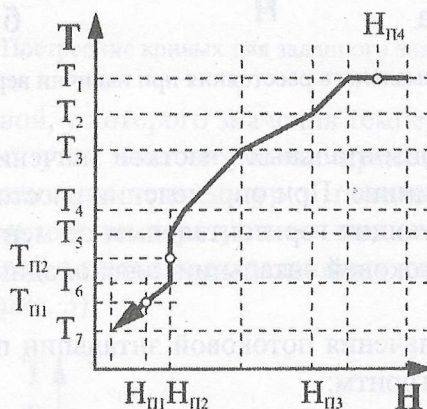


Рисунок 5 – Нахождение значений температуры и потоковой энтальпии

Функциональное описание алгоритма нахождения температуры и потоковой энтальпии в произвольных точках составной кривой позволяет упростить алгоритм нахождения ΔT_{\min} и программы в целом. Оригинальный алгоритм расчётов с применением методов пинч-анализа реализован в программе оптимизации тепловых сетей при проектировании и реконструкции промышленных предприятий фирмой «Содружество-Т».

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Европейской Комиссии. Проект DEMACSYS, контракт ICA2-СТ-2001-10005 (INCO-COPERNICUS-2).

Литература

1. Смит Р., Клемеш Й., Товажнянский Л.Л., Капустенко П.А., Ульев Л.М. Основы интеграции тепловых процессов. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2000. – С. 456.

УДК 662.6:621

Товажнянский Л.Л., Капустенко П.О., Ульев Л.М., Зулін Б.Д., Павленко В.Ф.

АЛГОРИТМ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ВИЗНАЧЕННЯ СКЛАДЕНИХ КРИВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОТОКІВ

У даній статті розроблені методи побудови прямого та зворотного функціонального зв'язку між сумарною зміною ентальпії технологічних потоків промислових підприємств і температурами цих потоків.