

УДК 621.181.001.1

В.С. Беднаржевский, Г.Б. Добротина  
**Алгоритмизация режимов  
 теплового расчета котлоагрегатов**

Ключевое место в САПР «Котлоагрегат» занимает тепловой расчет. Разработаны и внедрены различные режимы работы теплового расчета: «пакетный» [1], «диалог» [2], «графический диалог» [3], «автоматический» [4]. Все разработанные алгоритмы [1–4] соответствуют нормам теплового расчета котлоагрегатов [5]. По своей физической сущности алгоритм может быть конструктивным, конструктивно-поверочным, поверочным.

При разработке котлоагрегат последовательно проходит стадии эскизного, технического и рабочего проектов. На каждой стадии удобнее применять определенные режимы и алгоритмы расчета. Например, на стадии эскизного проекта рекомендуется применять конструктивный расчет в режиме «диалога», на стадии технического проекта удобнее использовать конструктивно-поверочный расчет в «графическом диалоге», на стадии рабочего проектирования, когда основные расчетные решения приняты, лучше вести поверочный расчет в «пакетном» режиме для документирования принятых решений.

Построим целевую функцию проектирования котлоагрегата:

$$T = \sum_{j=1}^r \sum_{i=1}^n H_{i,j} + \sum_{j=1}^r \sum_{i=1}^l K_{i,j} + \sum_{j=1}^r F_j + \sum_{j=1}^r \sum_{i=1}^s V_{i,j} + \sum_{j=1}^r \sum_{i=1}^m W_{i,j} + \sum_{j=1}^r P_j, \quad (1)$$

где  $H$ ,  $K$ ,  $F$ ,  $V$ ,  $W$  – время проектирования соответственно поверхностей ширмовой, конвективной, топочной, воздухоподогревателя, водяного экономайзера;  $P$  – время изменения исходных данных и счета первого варианта теплового расчета;  $n$ ,  $l$ ,  $s$ ,  $m$  – количество

ступеней соответственно ширм, конвективно-го пароперегревателя, воздухоподогревателя, водяного экономайзера;  $r$  – количество пусков теплового расчета. Условие оптимизации: цикл проектирования котлоагрегата стремится к минимуму  $T \rightarrow \min$ .

Рассмотрим работу алгоритмов теплового расчета с точки зрения минимизации целевой функции  $T$ . Структурная схема теплового расчета в «пакетном» режиме приведена на рисунке 1. После ввода исходных данных последовательно рассчитывается один вариант расчета: вычисляются объем продуктов сгорания, таблица энтальпий, тепловой баланс, топка, ширмовые и конвективные ступени пароперегревателя, хвостовые поверхности нагрева (водяной экономайзер, воздухоподогреватель). Результаты анализируются. Для получения второго варианта расчета необходимо изменить исходные данные и повторно запустить расчет.

При «графическом диалоге» (рис. 2) сначала вычисляются объем продуктов сгорания, таблица энтальпий, тепловой баланс. Расчет топки предназначен для определения тепловых характеристик топочного устройства. Предусмотрен случай, когда ширмы находятся в активном топочном объеме. Расчетная температура газов на выходе из топки  $T_{вых}^{расч}$  сравнивается с заданной температурой газов  $T_{вых}^{зад}$ , пользователь с клавиатуры дисплея варьирует значение высоты топки  $H_T$  так, чтобы выполнялось неравенство  $(T_{вых}^{зад} - T_{вых}^{расч}) \leq 1^\circ C$ . При этом происходит изменение эффективной степени черноты факела, степени черноты факела в свободном объеме топки, толщины излучающего слоя, свободного объема и повер-

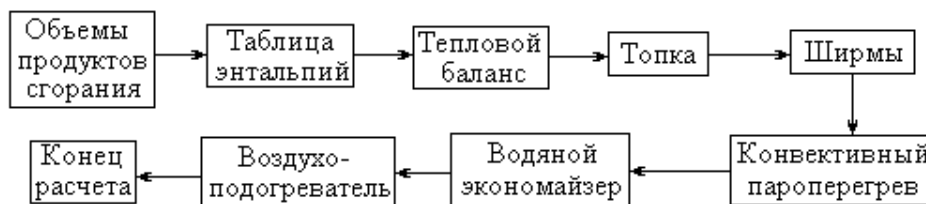


Рис. 1. Структурная схема теплового расчета в «пакетном» режиме

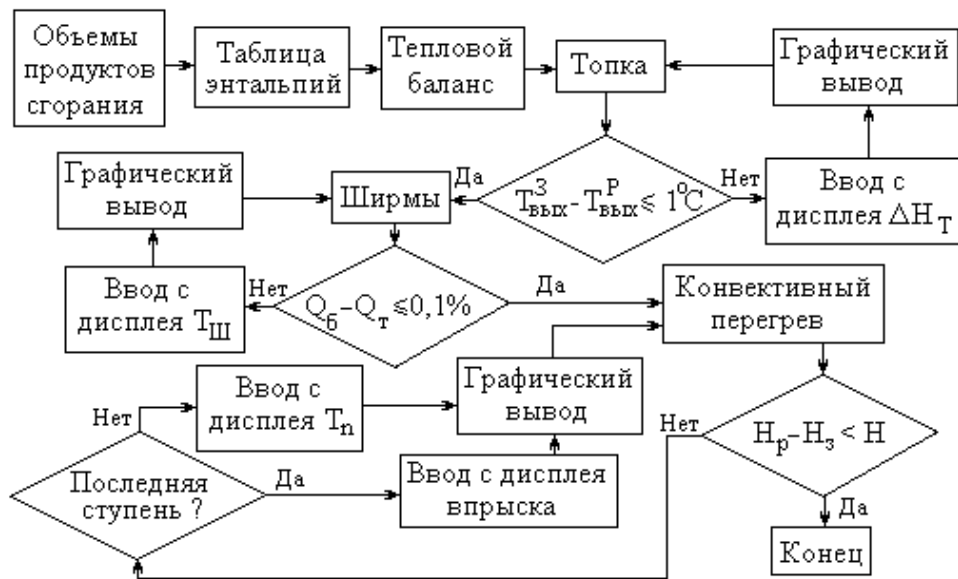


Рис. 2. Структурная схема теплового расчета в режиме «графического» диалога

хности стен топки. Промежуточные значения  $H_t$  и  $T_{вых}^{расч}$  выдаются на экран дисплея, что позволяет анализировать эти параметры.

При расчете ширмового пароперегревателя вначале определяется энтальпия газов за ширмами, расположенными в выходном окне топки, на основе решения уравнения теплового баланса.

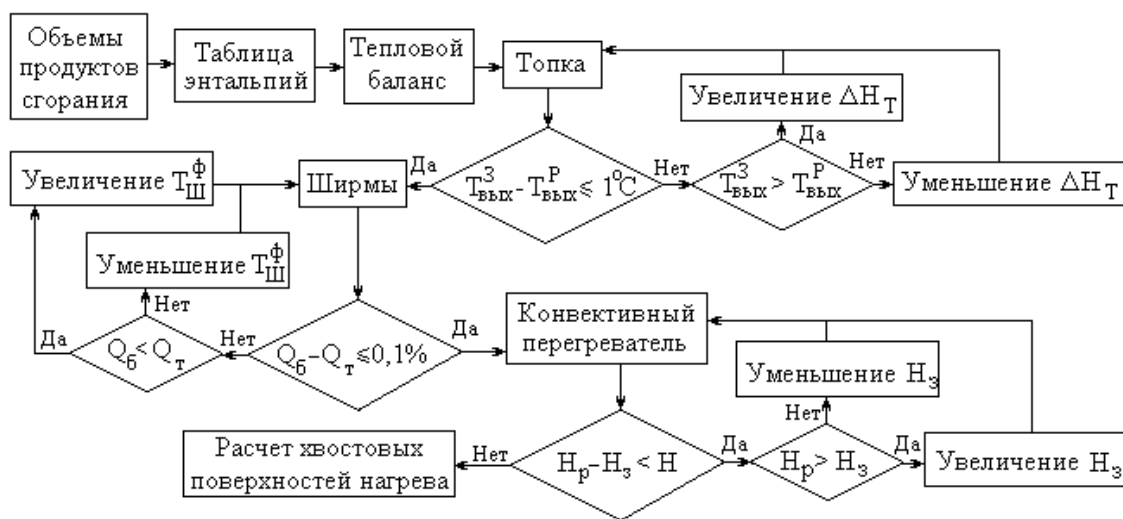
Если тепловосприятие ширм, найденное по уравнению теплопередачи, больше (меньше) тепловосприятия, найденного по балансу, более чем на 0,1%, то на экран дисплея выдается сообщение «Увеличить (уменьшить) среднюю температуру газов в ширмах». Пользователь соответственно изменяет значение температуры.

При расчете конвективных ступеней предварительно вводится значение температуры

пара между ступенями, и если расхождение между тепловосприятием по уравнению теплопередачи и балансу будет больше 0,1%, то пользователь с клавиатуры дисплея задает новое значение температуры пара.

В «автоматическом» режиме (рис. 3) при расчете топки сравнение температур, заданных на выходе из топки, происходит так же, как и в графическом диалоге:

если  $T_{вых}^{зад} > T_{вых}^{расч}$ , то автоматически увеличивается приращение высоты топки, в противном случае происходит уменьшение  $\Delta H_T$ . При расчете ширм, если  $Q_б < Q_т$ , автоматически увеличивается  $x_{ш}$ , а если  $Q_т > Q_б$ , уменьшается средняя температура газов в ширмах. При расчете конвективных ступеней проверяется условие:  $(H_p - H_3) < H$ , где  $H_p$  – расчетная поверх-



В.М. № - 04

Рис. 3. Структурная схема теплового расчета в «автоматическом» режиме

ность нагрева;  $H_3$  – поверхность нагрева, заданная предварительно;  $H$  – поверхность нагрева одной петли пароперегревателя. Если условие выполняется и  $H_p > H_3$ , то  $H_3$  автоматически увеличивается на одну петлю. При  $H_p < H_3$  происходит уменьшение  $H_3$  на одну петлю.

Для пакетного режима целевая функция соответствует уравнению (1) при  $\gamma = 100$  (при проектировании котлоагрегата нужно запускать тепловой расчет до 100 раз).

Для режима «графического диалога» формула (1) принимает вид

$$T = \sum_{i=1}^n (H + \sum_{j=1}^a O_j)_i + \sum_{i=1}^l (K + \sum_{j=1}^b O_j)_i + (F + \sum_{j=1}^x O_j) \quad (2)$$

$$+ \sum_{i=1}^s (V + \sum_{j=1}^z O_j)_i + \sum_{i=1}^m (W + \sum_{j=1}^f O_j)_i + P$$

где  $0$  – время ответа пользователя в диалоге;  $a, b, x, z, f$  – количество ответов в диалоге при проектировании ступеней соответственно ширм, конвективного пароперегревателя, топки, водяного экономайзера, воздухоподогревателя.

Для «автоматического» режима цикл проектирования принимает вид

$$T = \sum_{i=1}^n H_i + \sum_{i=1}^l K_i + F + \sum_{i=1}^s V_i + \sum_{i=1}^m W_i + P. \quad (3)$$

Из формул (1)–(3) следует, что  $T = \min$  в «автоматическом» режиме,  $T$  принимает среднее значение в режиме «графического диалога» и  $T = \max$  – в «пакетном» режиме.

## Литература

1. Беднаржевский В.С. Пакет прикладных программ теплового расчета котлоагрегата на малых (мини) ЭВМ // Информ. сб. М., 1989. Сер. 9. Вып. 21.
2. Беднаржевский В.С. Программа теплового расчета котлоагрегата на АРМ-М в режиме диалога // Энергетическое машиностроение: Экспресс-информация. М., 1986. Вып. 7.
3. Беднаржевский В.С. Графический вывод ре-

зультатов теплового расчета котлоагрегата на автоматизированном рабочем месте // Экспресс-информация. М., 1991. Сер. 13–1. Вып. 3.

4. Беднаржевский В.С. Автоматический тепловой расчет котлоагрегата на ЭВМ // Известия вузов. Энергетика. 1995. №1–2.

5. Тепловой расчет котлов: Нормативный метод. СПб., 1998.