

## УПРАВЛЕНИЕ НАГРЕВОМ НАСАДКИ ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЯ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ С ИНДИВИДУАЛЬНЫМ ПОДВОДОМ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

**Мордовец А.А., магистрант; Кобыш Е.И., магистр; Симкин А.И., доц., к.т.н.**

*(ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, Украина)*

Для отопления доменных воздухонагревателей обычно используется чистый доменный газ, калорийность которого может изменяться в пределах 650-950 ккал/м<sup>3</sup>. В условиях повышения температуры дутья возникает необходимость обогащения доменного газа высококалорийными добавками: природным, коксовым газом или мазутом.

При традиционном отоплении доменных воздухонагревателей газовая смесь, содержащая высококалорийную добавку, подается от смесительной установки на блок воздухонагревателей доменной печи. Но такой подход имеет ряд недостатков в связи с тем, что при централизованном обогащении доменного газа топливом высокой калорийности отсутствует возможность подачи на каждый из кауперов газовой смеси с различной теплотой сгорания. Так как в каждый момент времени три из четырех воздухонагревателей блока находятся в режиме нагрева насадки и существенно различаются температурным состоянием купола и насадки, то нет необходимости в каждый из кауперов подавать газовую смесь с одинаковой теплотой сгорания. Следовательно, при таком способе отопления блока кауперов происходит перерасход дорогостоящей высококалорийной добавки, что является экономически нецелесообразным. К тому же, как указывается в работе [1], воздухонагреватели блока доменной печи могут иметь различные теплотехнические и конструктивные характеристики, поэтому в данном случае отопление всех кауперов топливной смесью одинаковой калорийности неоправданно.

Учитывая все перечисленные недостатки, для рационального использования высококалорийной добавки предложена подача в доменный газ топлива высокой калорийности индивидуально на каждый воздухонагреватель блока.

Определение теплоты сгорания смеси доменного газа и, избранного в качестве высококалорийной добавки, природного газа осуществляется по уравнению:

$$Q_{n_{см}}^p = \frac{Q_{n_{до}}^p(\tau) \cdot F_{до}(\tau) + Q_{n_{н.г.}}^p \cdot F_{н.г.}(\tau)}{F_{до}(\tau) + F_{н.г.}(\tau)}, \quad (1)$$

где  $Q_{n_{до}}^p(\tau)$  – теплота сгорания доменного газа, ккал/м<sup>3</sup>,

$Q_{n_{н.г.}}^p$  – теплота сгорания природного газа, ккал/м<sup>3</sup>,

$F_{до}(\tau)$  – расход доменного газа, м<sup>3</sup>/с,

$F_{н.г.}(\tau)$  – расход природного газа, м<sup>3</sup>/с.

Из уравнения (1) следует, что расход природного газа, необходимый для поддержания заданной калорийности смеси, рассчитывается следующим образом:

$$F_{н.г.}(\tau) = F_{см}(\tau) \cdot \frac{Q_{см}^p(\tau) - Q_{n_{до}}^p}{Q_{н.г.}^p - Q_{n_{до}}^p}, \quad (2)$$

где  $F_{см}(\tau)$  – расход газовой смеси, м<sup>3</sup>/с.

В период нагрева насадки важно учитывать ограничение температуры купола воздухонагревателя, которое обычно составляет 1350°C. Исходя из этого, нагрев насадки

каупера условно можно разделить на два периода: нагрев купола до максимально допустимой температуры и прогрев насадки по высоте до момента достижения низом насадки температуры 400 °С (технологическое ограничение). Поэтому в начале периода нагрева насадки целесообразно подавать газовую смесь высокой калорийности, а при достижении куполом максимально возможной температуры, в целях экономии высококалорийной добавки, снизить калорийность топлива и осуществлять прогрев насадки по высоте, поддерживая при этом температуру купола на заданном значении. Было установлено [3], что температура купола составляет 1350°С при калорийности топлива не менее 840 ккал/м<sup>3</sup>. Для предотвращения перегрева стенок камеры горения и нарушений в работе воздухонагревателя максимальная калорийность топливной смеси принимает значение не выше 1150-1200 ккал/м<sup>3</sup> [2].

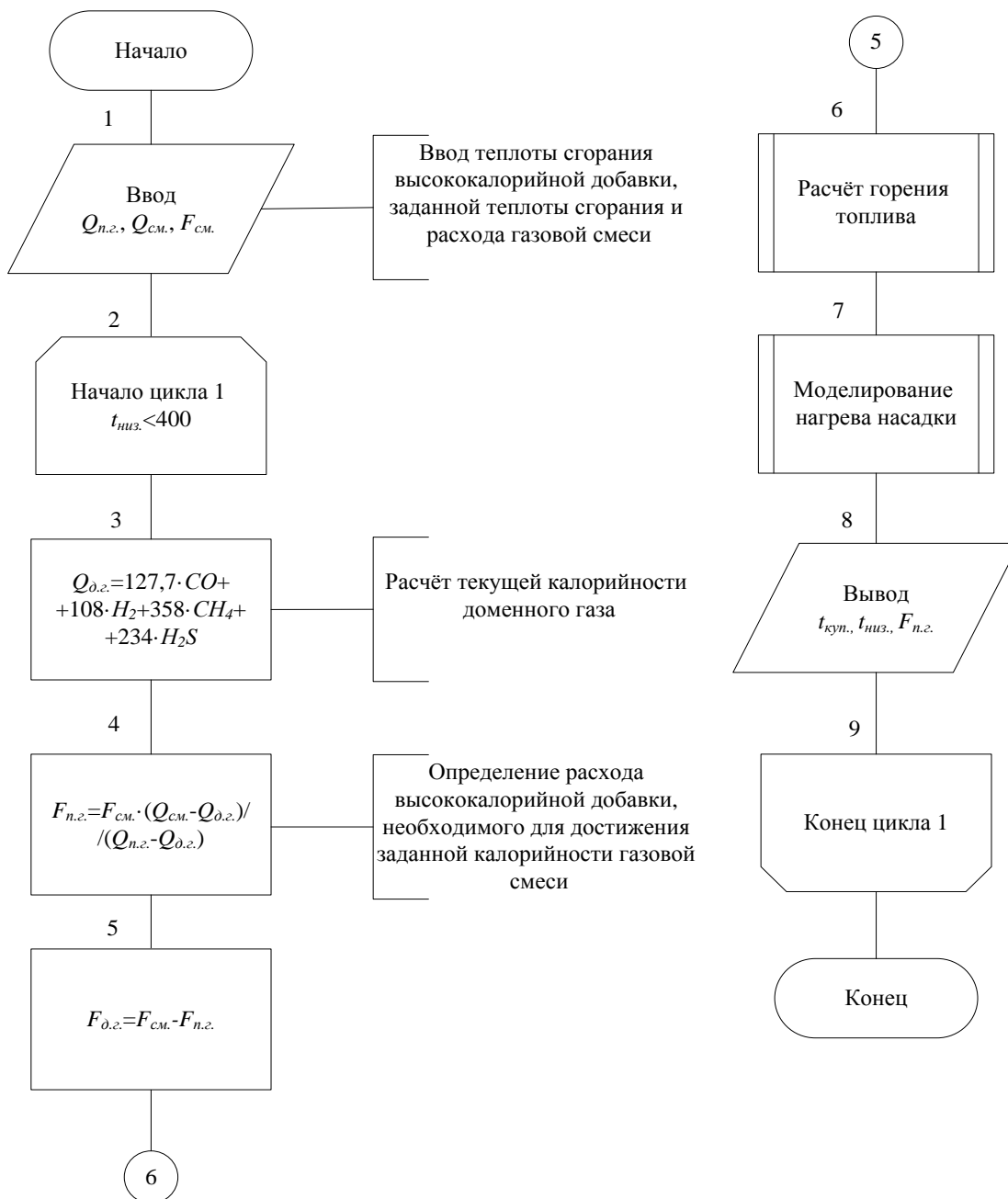


Рисунок 1 - Блок-схема алгоритма расчёта необходимого расхода высококалорийной добавки при нагреве насадки доменного воздухонагревателя

На базе компьютерной модели [3] был имитирован нагрев насадки каупера с отдельной подачей доменного и природного газа по алгоритму, блок-схема которого представлена на рисунке 1. Калорийность природного газа постоянна и равна 8200 ккал/м<sup>3</sup>.

Расход топливной смеси также является постоянной величиной, равной 50 000 м<sup>3</sup>/ч. Теплота сгорания смеси в начальный период нагрева насадки принята 1150 ккал/м<sup>3</sup>. При нагреве купола до 1350°С калорийность газовой смеси составила 840 ккал/м<sup>3</sup>.

Если при сжигании топлива возникающая температура не превышает допустимую температуру купола воздухонагревателя, то расход топлива и условия его сжигания в период нагрева насадки не меняются. В данном случае затраты и температура газа-теплоносителя при входе в насадку неизменны в течение всего периода нагрева насадки.

Если температура горения топлива превышает допустимую температуру купола, то условия сжигания топлива изменяются путём увеличения коэффициента избытка воздуха для горения так, чтобы температура купола сохранялась максимально возможной. Для изменения коэффициента избытка воздуха существует два варианта: увеличение расхода воздуха на горение при неизменном расходе доменного газа или уменьшение расхода доменного газа при постоянном расходе воздуха на горение.

Были рассмотрены оба способа регулирования температуры купола доменного воздухонагревателя [3]. В таблице 1 представлен суммарный за период нагрева насадки расход природного газа для различных способов подачи топлива и изменения коэффициента воздуха при регулировании температуры купола.

Таблица 1 - Суммарный расход высококалорийной добавки при различных способах отопления каупера

	При подаче топлива от газосмесительной станции	При раздельном подводе видов топлива	
		Изменение коэффициента избытка воздуха увеличением расхода воздуха	Изменение коэффициента избытка воздуха уменьшением расхода газа
Суммарный расход высококалорийной добавки за период нагрева насадки, м <sup>3</sup>	1588,6	862,9	902,5
Продолжительность периода нагрева насадки, мин.	124	161	195

Результаты показали, что раздельный подвод топливных составляющих позволяет существенно снизить расход высококалорийной добавки. Изменение коэффициента избытка воздуха путем увеличения расхода воздуха на горение приводит к увеличению количества продуктов сгорания. Следовательно, теплообмен между газом-теплоносителем и насадкой более интенсивный.

Изменение коэффициента избытка воздуха путем уменьшения расхода доменного газа при неизменном расходе воздуха на горение сокращает количество продуктов сгорания и снижает интенсивность теплообмена. В данном случае время на прогрев насадки увеличивается, но эффективность использования топлива повышается, так как температура покидающих насадку продуктов сгорания меньше, чем в первом случае.

#### Перечень ссылок

1. Грес Л.П. Высокоэффективный нагрев доменного дутья / Л.П. Грес - Днепропетровск: Пороги, 2008.- 492с.;
2. Шкляр Ф.Р. Доменные воздухонагреватели. Конструкция, теория, режимы работы /Ф.Р. Шкляр, В.М. Малкин, С.П. Каштанова.- Москва : Металлургия, 1982.- 176с.;
3. Кобыш Е.И. Компьютерная модель работы доменного воздухонагревателя/ Е.И. Кобыш, А.И. Симкин, А.А. Койфман / / Вестник Приазовского государственного технического университета - Мариуполь, 2012. - № 25. - С 239-345.