

УДК 621.18

А.В. Локтев, А.В. Малахов

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ГАЗОГОРЕЛОЧНЫХ УСТРОЙСТВ ОТОПИТЕЛЬНЫХ КОТЛОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Разработано техническое решение модернизации газогорелочных устройств водогрейных котлов большой мощности в целях повышении уровня их автоматизации. Рассмотрены особенности плавного регулирования подачи газа к шести горелкам котла ПТВМ-30М поворотными заслонками.

Ключевые слова: водогрейные котлы, газогорелочные устройства, расход газа, автоматическое регулирование расхода газа.

Модернизация газовых котлов большой мощности 70–80-х годов выпуска с повышением уровня автоматизации может производиться путём замены горелок на современные или без такой замены применением современных систем автоматизации котельных установок. Первый способ более дорогой, второй требует меньших затрат, но связан с тщательной проработкой вопросов топливоподачи, особенно для котлов, оборудованных группой горелок. Автоматизация процесса регулирования тепловой мощности требует разработки алгоритма регулирования расхода газа.

В предлагаемой статье приводится методика разработки алгоритма регулирования режимов работы горелок, что позволяет автоматизировать процессы управления котлом.

Котлы ПТВМ-30М производства 70–80-х годов оборудованы шестью газовыми горелками, включаемыми в работу в основном попарно. Регулирование расхода газа на каждой горелке производится поворотными заслонками. Так как горелки подключены к общему газовому коллектору параллельно, существует взаимное влияние гидравлических режимов их работы. При ручном управлении горелками схема регулирования производится на основе графиков и номограмм, полученных при наладочных испытаниях (рис. 1 и рис. 2).

За основу при разработке алгоритма регулирования расхода газа принимается регулирование попарным включением горелок и регулирование на самих горелках расхода газа поворотными заслонками.

Регулирование расхода газа на котёл будет плавным, если:

- весь интервал расходов по режимной карте котла охватывается поддиапазонами работы последовательно включаемых горелок;
- в каждом поддиапазоне регулирование расхода обеспечивается при углах поворота заслонок, не выходящих за пределы $10-0^\circ$.

Выполнение первого требования, как это следует из режимной карты котла, обеспечивается имеющимися в котле шестью горелками. Выполнение второго требования рассмотрим подробнее.

Для анализа расхода газа через параллельно работающие горелки используем такие параметры, как «условное сопротивление» S и «проводимость» $a = 1/\sqrt{S}$ участков гидравлических сетей.

Используя эти параметры, зависимость расхода газа через горелку V от перепада давлений Δp на ней можно выразить соотношением

$$V = a\sqrt{\Delta p} = \frac{1}{\sqrt{S}}\sqrt{\Delta p}, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (1)$$

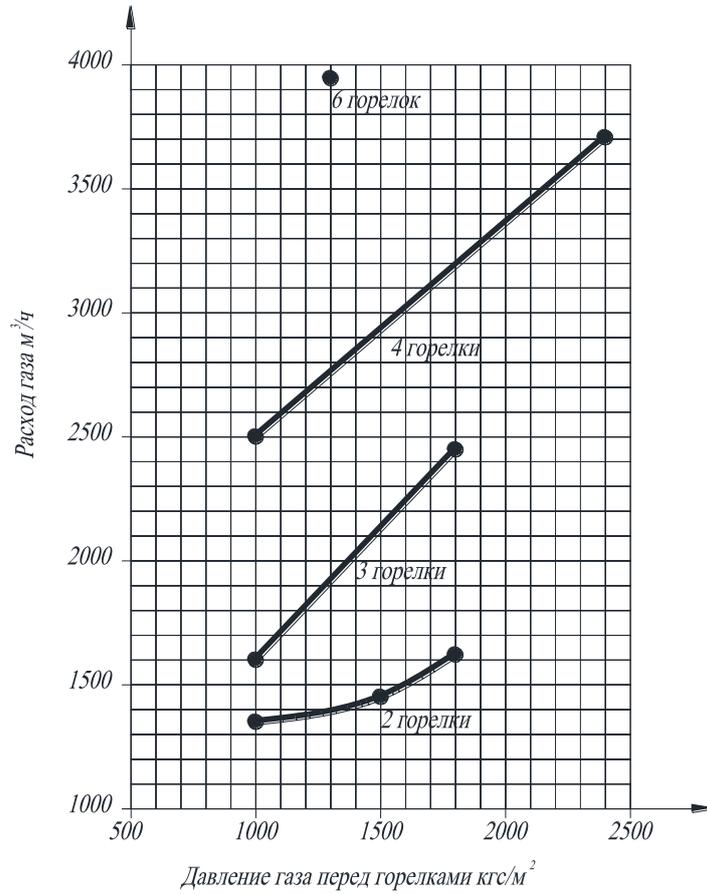


Рис. 1. Расходная характеристика горелок

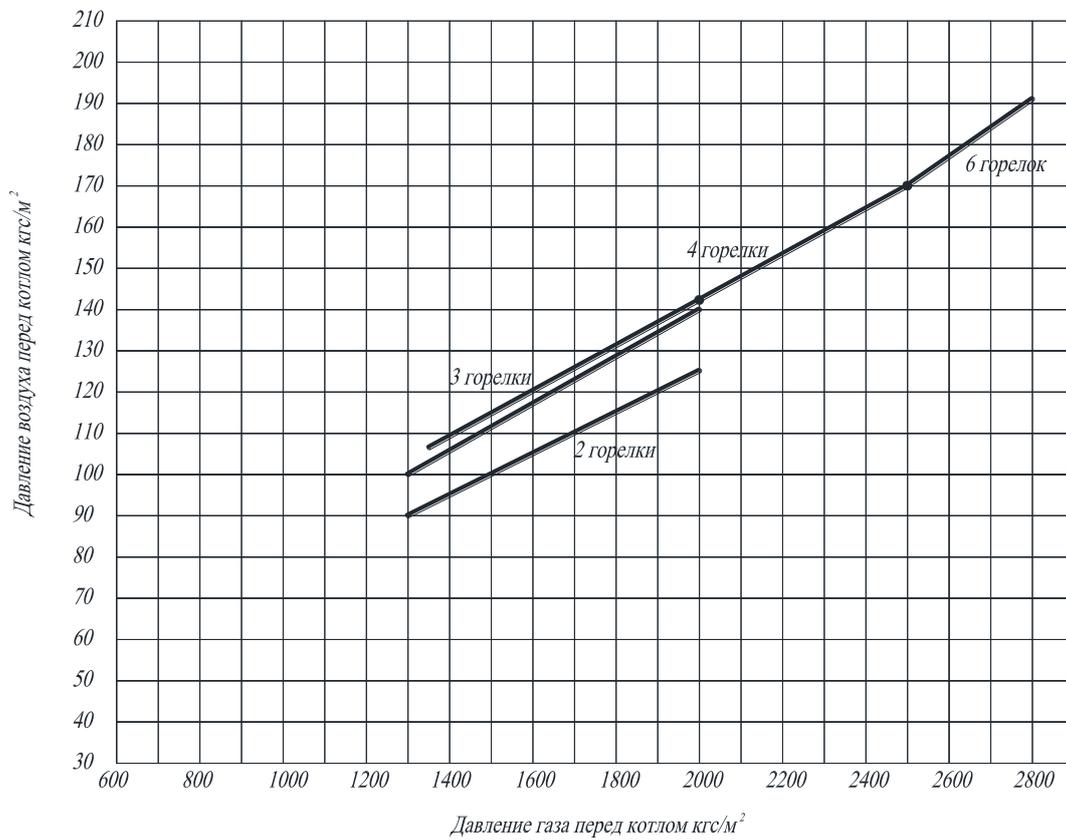


Рис. 2. График соотношения «газ-воздух»

Перепад давления на горелке

$$\Delta p = p_1 - p_2, \quad (2)$$

где p_1 – давление перед горелкой, Па; p_2 – давление в топке, Па.

Так как давление в топке составляет $p_2=20$ Па и значительно меньше, чем давление перед горелками $p_1 \geq 10000$ Па, можно принять $\Delta p \approx p_1$. Исходя из этого выражение (1) можно записать в виде

$$V = a\sqrt{p_1} = \frac{1}{\sqrt{S}}\sqrt{p_1}, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (3)$$

Для параллельно работающих горелок котла расход газа складывается из их «проводимости». Используя фактические данные расходов и давлений из режимной карты котла ПТВМ-30М, можно получить зависимость расходов через n - работающих горелок:

$$V = \frac{n}{600}\sqrt{p_1}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (4)$$

где n – количество работающих горелок.

Незначительное несовпадение расчётных значений по данному выражению в некоторых точках расходной характеристики горелок связаны с влиянием режимов течения газа на «проводимость» горелок и точностью измерений. В рассматриваемом диапазоне параметров газа данная функция непрерывна, т.е. обеспечивается весь диапазон регулирования расходов.

Диапазон расходов в соответствии с режимной картой составляет: $V_{2\min}=1350$ нм³/ч (0,375 нм³/с); $V_{2\max}=1828$ нм³/ч (0,508 нм³/с); соответственно через одну горелку: $V_{1\min}=0,188$ нм³/с; $V_{1\max}=0,254$ нм³/с.

Используя выражение (4) можно найти значения $p_{1\min}$ и $p_{1\max}$, т.е

$$p_i = \left(\frac{600V}{n} \right)^2. \quad (5)$$

Получим $p_{1\min}=12724$ Па и $p_{1\max}=23165$ Па.

Давление перед горелками регулируется поворотными заслонками. Определим угол поворота заслонок при этих расходах. Давление в газовом коллекторе Ду 250 примем равным 55000 Па (по данным эксплуатационной организации), тогда перепады давления на поворотных заслонках составят:

- при $V_{2\min}\Delta p_{\text{засл}}=55000 - 12724$ Па;
- при $V_{2\max}\Delta p_{\text{засл}}=55000 - 23165$ Па.

Коэффициенты сопротивления заслонок определяются выражением

$$\zeta = 2\Delta p_{\text{засл}}\rho v, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (6)$$

где ρ – плотность газа; v – скорость в трубе Ду 100.

Для режима $V_{2\min}$ $\xi=192$, соответственно для $V_{2\max}$ $\xi=79$. Используя зависимость коэффициента местного сопротивления поворотных заслонок от расхода, находим углы поворота заслонок на этих режимах [5]. Аналогично процесс будет происходить при включении следующих горелок. Если дополнительно к двум ввести в работу третью горелку, то для того чтобы не произошёл скачок расхода, угол поворота всех трёх заслонок должен составлять $\alpha = 64^\circ$. То есть при переходе с двух горелок на три надо одновременно с открытием третьей горелки на двух работающих угол перекрытия перевести с 57° на 64° . Аналогично будет происходить процесс при включении четвертой горелки, а также пятой и шестой (одновременно).

Результаты расчёта для конкретной котельной приведены в табл. 1, при этом давление в общем газовом коллекторе Ду 250 составляет 55 кПа.

Таблица 1

Расчёт углов поворота регулирующих заслонок

Расход газа на котёл м ³ /ч м ³ /с	Кол-во горелок	Расход газа через одну горелку, м ³ /с	Скоростной напор $\rho v^2/2$	Давление перед заслонками P_1 , Па	Давление после заслонок P_2 , Па	Перепад давлений на заслонках $\Delta P = P_2 - P_1$, Па	Коэффициент сопротивления заслонки $\zeta_{зас} = 2\Delta P / \rho v^2$	Угол поворота заслонки, град.
1350 0,375	2	0,188	220	55 000	10 000	45 000	204	63
1630 0,45								
1600 0,44	3	0,148	137		10 000	45 000	328	67
2450 0,68								
2500 0,69	4	0,172	186		10 000	45 000	241	64
3720 1,03								
4487 1,25	6	0,207	267		13 000	42 000	157	62

Выполненные расчёты во всём диапазоне расходов газа показывают, что углы поворота заслонок будут в диапазоне 57-67°. Графически характер регулирования приведён на рис. 3.

При рабочем проектировании исходные данные должны быть уточнены, и для обеспечения большего запаса может быть введена дополнительная диафрагма. Кроме того, для автоматизации процессов управления горелками котла необходимо рассчитывать нестационарные режимы работы установки (рис. 4 и рис. 5).

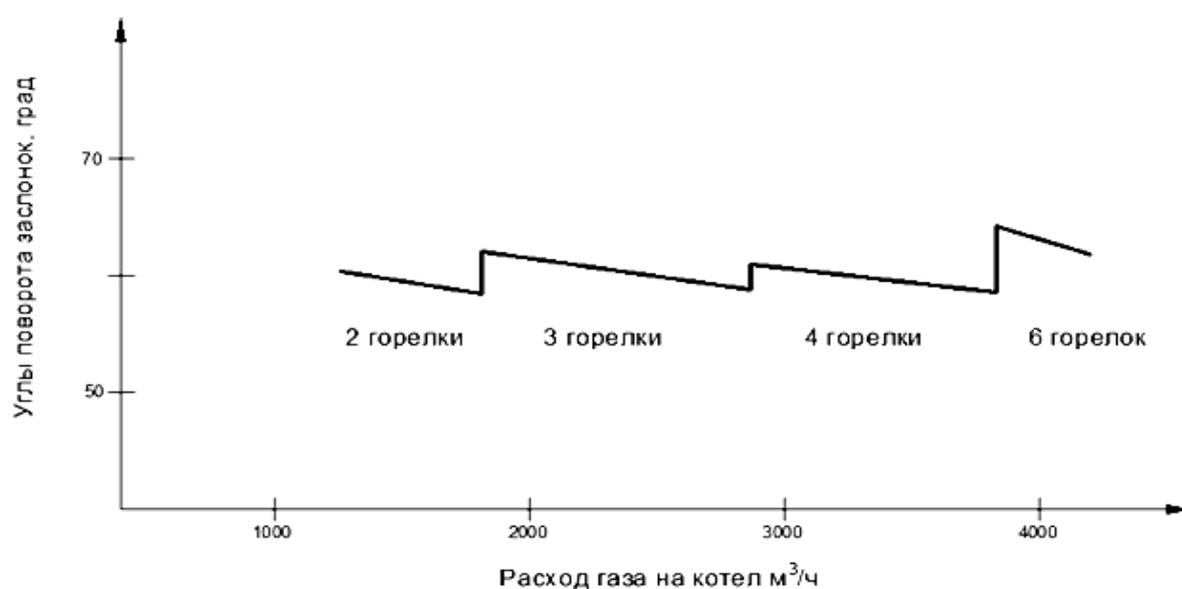


Рис. 3. Характер регулирования расхода газа на котёл изменением количества работающих горелок и углов поворота заслонок

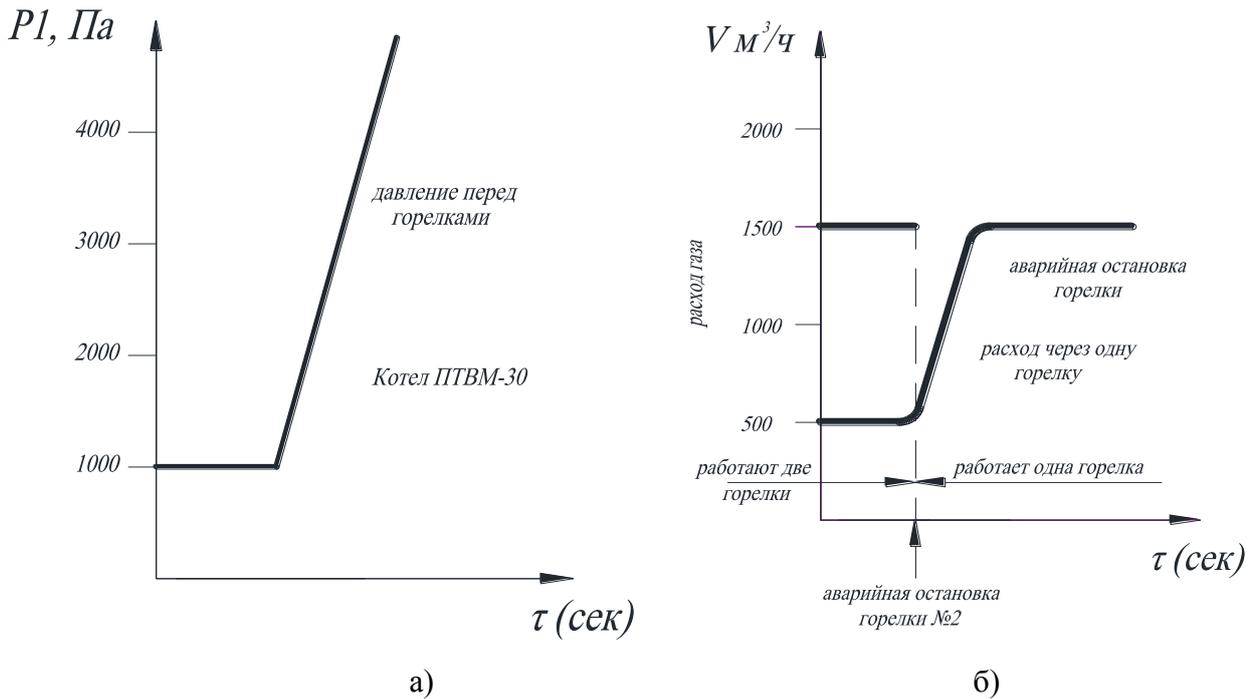


Рис. 4. Схема процессов при аварийной остановке одной из двух горелок работающих на минимальном режиме:

a – изменение давления, *б* – изменение расхода

Выводы

1. Принципиально схема регулирования расхода газа будет сводиться к следующему. По сигналу о запуске котла поворотные заслонки на первой паре горелок из закрытого положения плавно переводят в положение максимального расхода газа, это отслеживается по расходомеру газа, одновременно производится регулирование расхода воздуха по своему расходомерному устройству. Если температура теплоносителя по температурному графику недостаточна, будет происходить дальнейшее открытие заслонок (уменьшение угла поворота). При достижении максимального расхода газа для двух горелок поступает сигнал о включении третьей горелки. При этом на уже работающих горелках угол поворота заслонок будет плавно увеличен, а на запускаемой горелке заслонка будет плавно открываться (на установленном режиме углы поворота работающих заслонок будут одинаковы). Одновременно производится регулирование расхода воздуха и т.д. Алгоритм регулирования будет реализовываться системой АСУТП.

2. Расчёты во всём диапазоне регулирования расхода газа показывают, что углы поворота заслонок не превышают 67° , т.е. заслонки будут работать в зоне плавного регулирования.

3. Предлагаемая схема расчётов учитывает аварийные режимы работы горелок.

4. Приведённые результаты исследований могут быть использованы для решения вопросов автоматизации и других котлов, оборудованных группой горелок.

Библиографический список

1. Бузник, Е.Ф. Производственные и отопительные котельные / Е.Ф. Бузник. – М: Энергоатомиздат, 1984. – 232 с.
2. Справочник по пуску, наладке и эксплуатации котельных установок / И.Е. Герасиненко [и др.]. – Киев: Техника, 1986. – 334 с.
3. Гольстрем, В.А. Энергетический справочник инженера / В.А. Гольстрем. – Киев: Техника, 1983. – 48 с.

4. Локтев, А.В. Котельные установки для децентрализованного теплоснабжения / А.В. Локтев / Нижегород. гос. техн. ун-т. – Н.Новгород, 2007. – 95 с.
5. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: справочник / под ред. В.А. Григорьева, В.М Зорина. – М.: Энергоиздат. 1991. Кн. 4. – 586 с.

*Дата поступления
в редакцию 29.04.2014*

A.V. Loktev, A.V. Malakhov

MODERNIZATION SOLUTIONS GAS BURNER UNITS HEATING BOILERS

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeev

Purpose: Developing an algorithm process automation mode control boilers with original manual control.

Design/methodology/approach: Theoretically investigated the processes controlling the supply of gas to the burner connected in parallel, working in pairs.

Findings: An algorithm for modulating fuel gas for the selection of actuators and control system development.

Research limitations/implications: The developed approaches are suitable for automation of such boilers equipped with a group of burners.

Originality/value: In the study used the known laws of hydrodynamics technical, but for this circuit are shown for the first time.

Key words: boilers, gas-burning devices, gas flow, automatic control of gas flow.