

Режим минимальной нагрузки. В соответствии с режимными картами котлов ПТВМ 30, минимальная рабочая нагрузка составляет чуть более 8 Гкал/ч. При этом для обеспечения равномерного режима горения, избыток воздуха в топке является очень высоким – 1,99. Для его обеспечения затрачивается энергия нагнетателей, которую можно сэкономить при стехиометрическом соотношении газа и воздуха.

Режим работы котла в наиболее холодную пятидневку региона. В данном режиме необходима вся доступная мощность котельной установки для обеспечения внутренних параметров микроклимата отапливаемых помещений. Мощность котельной складывается именно для обеспечения этой нагрузки.

Для детального анализа оптимизации работы котельной, произведён анализ погодных условий на примере 2012 года [4] (рис. 1). Распределим нагрузку на котельную в соответствии с температурой за сутки.

Номинальная мощность котельной принимается за 100 % нагрузки по режимным картам – 51.07 Гкал/ч и пересчитывается используемая мощность котельной в остальные дни отопляемого периода по формуле :

$$Q = Q_{\text{ном}}(t_{\text{int}} - t_{\text{ext.факт.}}) / (t_{\text{int}} - t_{\text{нхп}}),$$

где $Q_{\text{ном}} = 51.07$ Гкал/ч. – мощность котельной; $t_{\text{int}} = 21^\circ\text{C}$, температура внутреннего воздуха отапливаемых помещений от котельной, принимается по минимальной из оптимальных температур [5] для жилых зданий с температурой наиболее холодной пятидневки -31 и ниже; $t_{\text{нхп}} = -31^\circ\text{C}$ – температура наиболее холодной пятидневки для Нижнего Новгорода с коэффициентом обеспеченности 0,92 [6]. Результаты расчёта представлены на рис. 2.

на котельную. Существующий ряд исследований [2, 3] которые говорят об интенсификации процесса горения под действием электрического поля при сравнительно малых затратах энергии. В лабораторных исследованиях была достигнута интенсификация горения 1,3 раза, по отношению к стехиометрическому сгоранию пропан-воздушной смеси в естественных условиях. Е.И. Минтусовым [3] в его диссертации была рассмотрена двукратная интенсификация при помощи барьерного разряда. Используя данные интенсификации при воздействии импульсно-периодического электрического поля напряжённостью 3,4 кВ составляет 1,25 раза [2], что будет соответствовать 63,8 Гкал/ч.

При сохранении эффективности на реальных котельных, предоставляется возможным увеличить мощность данной котельной и решить вопрос с пиковыми нагрузками приходящимися на наиболее холодные дни. При этом подключённая нагрузка может быть повышена без глобальной реконструкции котельной и работе котлов в номинальном режиме. 13,5 Гкал/ч становится доступно перспективным потребителям.

Список литературы

1. <http://www.dissercat.com/content/issledovanie-opytno-promyshlennoi-ustanovki-po-otboru-teploty-fazovogo-perekhoda-produktov-s#ixzz3RXX8NbFY>.
2. Гаранин А.Ф., Третьяков П.К., Туликин А.В. // Новосибирск: Физика горения и взрыва. 2008. – №1. – т. 44. – С. 22-25.
3. Минтусов Е.И. Термически-неравновесное управление пламенами при помощи плазмы газового разряда: автореф. дис. ... канд. техн. наук. 01.04.08 / Е.И. Минтусов. – М., 2006. – 26 с.
4. <http://nnovgorodmeteo.ru/archive.php>.
5. ГОСТ 30494–2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
6. СП 131.13330.2012. Строительная климатология.

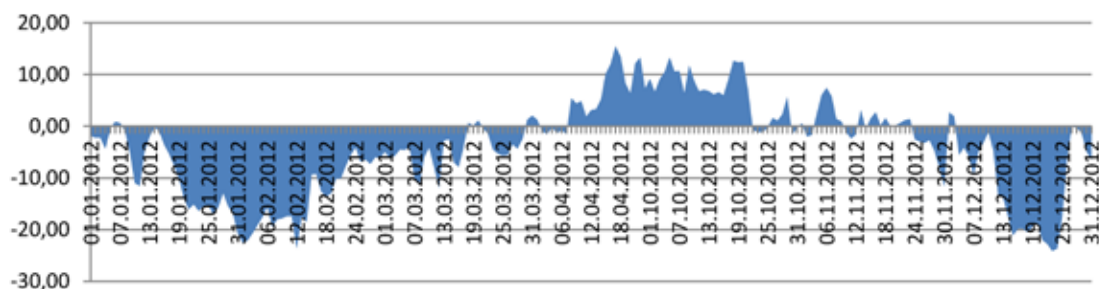


Рис. 1 Посуточное изменение средней уличной температуры за 2012 год

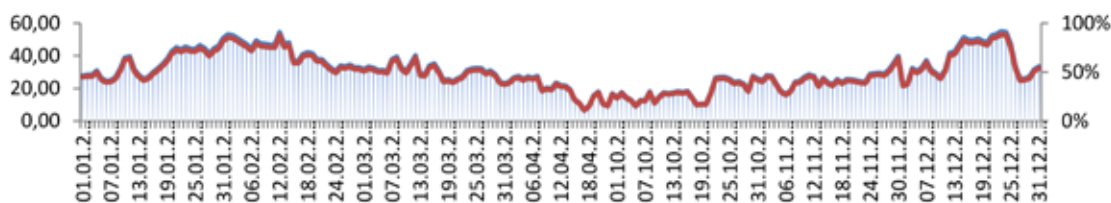


Рис. 2. График использования мощности котельной за 2012 г.

Средняя нагрузка на котлы за отопительный период составила 47% или 25,8 Гкал/ч. Несколько недель в году, когда мощность котельной установки можно опустить ниже минимальной (нагрузки режимной карты соответствующей 2 горелкам и минимальному давлению газа ≈ 8 МВт). При этом на графике видно достаточно большую продолжительность с использованием котельной установки при нагрузке от 70 до 80%, что находится в зоне оптимальной нагрузки

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ТОПЛИВ И ПРИМЕНЕНИЕ К НИМ УПРОЩЕННОЙ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ

Федорова У.Д., Лебедева Е.А.

ФГБОУ ВПО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» Н. Новгород, e-mail: evgelebedeva@mail.ru

В связи с высокими темпами развития мировой экономики потребность в тепловой и электрической

энергии неизбежно возрастает. Изданный Правительством Российской Федерации документ «Энергетическая стратегия России на период до 2030 г.» от 13 ноября 2009 г., ставит перед собой цель – создание инновационного и эффективного энергетического сектора страны. Вместе с тем важной проблемой является неэффективное использование отбросных газов нефтепереработки. на предприятиях нефтяной промышленности в качестве основного топлива используется смесь углеводородов с достаточно высокой теплотой сгорания, так называемый топливный газ. В то же время, отбросной газ, например отдувочный газ процессов нефтепереработки, содержащий кроме горючих компонентов высокое количество балластных примесей, практически выбрасывается в атмосферу [1]. Как следствие актуальной становится проблема использования композиционных топлив: смеси основного топлива с отбросным газом.

В отличие от природного газа, компонентный состав попутного нефтяного газа может сильно различаться в разные периоды времени на одном и том же нефтяном месторождении [2]. Сжигание смесей представляет большие сложности как с позиции проектирования топочных камер и топливосжигающих устройств, так и проведения пуско-наладочных работ и режимно-наладочных испытаний энергетического оборудования. Расчеты процессов горения становятся более трудоемкими, а в некоторых случаях менее точ-

ными. Применение расчетных таблиц для обработки теплотехнических испытаний котлов и печей, сжигающих комбинированные топлива, приводит к существенным неточностям в определении КПД.

В последние годы широкое распространение при теплотехнических испытаниях котлов получила методика, разработанная проф. М.Б. Равичем [3]. В отличие от методики описанной в источнике [4], здесь не требуется выполнять трудоемкие работы по определению состава и теплоты сгорания топлива, облегчается обработка результатов испытаний.

Для исследования эффективности и безопасности процессов сжигания композиционного топлива рассмотрена смесь топливного и отдувочного газов в различных соотношениях. Проведен пересчет состава и теплоты сгорания для смеси, а так же построен график зависимости теплоты сгорания топлива от соотношения в его составе топливного и отдувочного газов (рис. 1).

Анализ значений теплоты сгорания показывает значительные изменения в составе топливной смеси, так теплота сгорания топлива меняется от 21,425 до 5,796 МДж/м³, т.е. в несколько раз.

Количество продуктов сгорания определяется по известному составу топлива с использованием нормативного метода расчета [4]. Теоретический объем воздуха, необходимого для полного сгорания единицы топлива рассчитывается по формуле (1):

$$V^0 = 0,0476[0,5CO + 0,5H_2 + 1,5H_2S + \sum (m + \frac{n}{4})C_mH_n - O_2] \cdot \frac{M^3_{\text{воздуха}}}{M^3_{\text{газа}}}, \quad (1)$$

где m – число атомов углерода; n – число атомов водорода.

Теоретический объем азота в продуктах сгорания по формуле (2)

$$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot V^0 + \frac{N_2}{100} \cdot \frac{M^3}{M^3}. \quad (2)$$

Теоретический объем водяных паров при сжигании газового топлива рассчитывается по формуле (3)

$$V_{H_2O}^0 = 0,01(H_2S + H_2 + \sum \frac{n}{2}C_mH_n + 0,124d_{\text{г.т.л.}}) + 0,0161V^0 \cdot \frac{M^3}{M^3}. \quad (3)$$

Объем трехатомных газов рассчитывается по формуле (4):

$$V_{RO_2} = 0,01(CO_2 + CO + H_2S + \sum m \cdot C_mH_n) \cdot \frac{M^3}{M^3}. \quad (4)$$

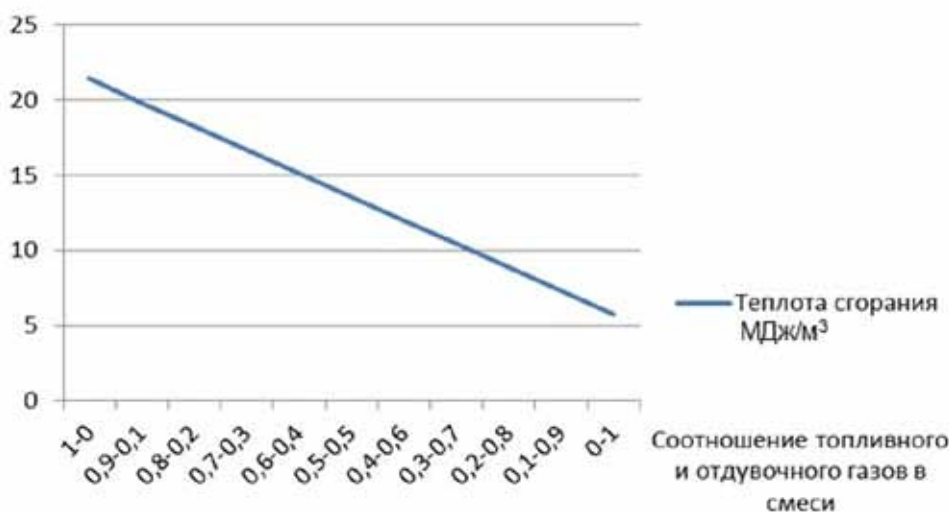


Рис. 1. График зависимости теплоты сгорания топлива от соотношения в его составе топливного и отдувочного газов

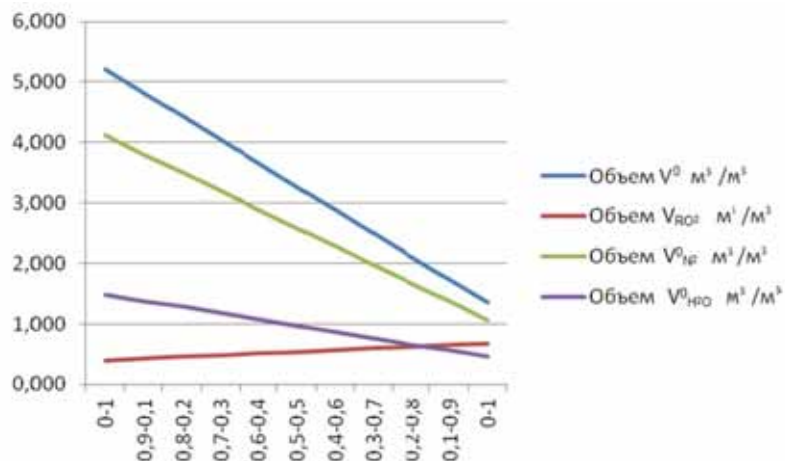


Рис. 2. График зависимости объемов продуктов сгорания топливной смеси от соотношения в её составе топливного и отдувочного газов

Для того чтобы наглядно проанализировать изменение объема продуктов сгорания в зависимости от соотношения газов в составе топлива построены графики, отображенные на рис. 2.

Определив состав продуктов сгорания, можно установить обобщенные характеристики продуктов сгорания смеси газов (t_{max} – жаропроизводительность, P – максимальное теплосодержание сухих продуктов сгорания, R – максимальное теплосодержание влажных продуктов сгорания, B – соотношение объемов сухих и влажных продуктов полного сгорания). Они подвержены незначительным колебаниям при изменении состава топлива и его теплоты сгорания.

Обобщенные теплотехнические характеристики топливных смесей определяются в соответствии с методикой М.Б. Равича [3] по формулам (5-10):

– соотношение объемов сухих и влажных продуктов полного сгорания, m^3/m^3 :

$$B = V_{с.г} / V_{г} = \left(V_{RO_2} + V_{N_2}^0 \right) / \left(V_{RO_2} + V_{N_2}^0 + V_{H_2O}^0 \right), \quad (5)$$

где V_{RO_2} , V_{O_2} , V_{H_2O} – теоретические объемы продуктов сгорания, m^3/m^3 ;

– жаропроизводительность, т.е. максимальная температура горения, развиваемая при полном сгорании топлива без избытка воздуха и предварительного нагрева топлива и воздуха, $^{\circ}C$:

$$t_{max} = Q_i / (V_{CO_2} c_{CO_2} + V_{SO_2} c_{SO_2} + V_{H_2O}^0 c_{H_2O} + V_{N_2}^0 c_{N_2}) \quad (6)$$

где c_{CO_2} , c_{SO_2} , c_{H_2O} , c_{N_2} – средние объемные удельные теплоемкости диоксида углерода, сернистого газа, водяного пара и азота соответственно в температурном диапазоне от $0^{\circ}C$ до t_{max} , $kJ/(m^3 \cdot grad)$;

– удельная энтальпия сухих ($h_{с.г}$) и влажных продуктов сгорания ($h_{г}$), kJ/m^3 :

$$h_{с.г} = Q_i / V_{с.г}; \quad h_{г} = Q_i / V_{г}, \quad (7)$$

где Q_i – низшая теплота сгорания газообразного топлива, kJ/m^3 ;

– максимальная объемная доля углекислого газа в сухих продуктах сгорания, водяных паров в сухих и влажных продуктах сгорания, %:

$$(CO_2)_{max} = (V_{RO_2} \cdot 100) / V_{с.г} \quad (8)$$

$$(H_2O)_{max} = (V_{H_2O}^0 \cdot 100) / V_{с.г} \quad (9)$$

$$(H_2O)'_{max} = (V_{H_2O}^0 \cdot 100) / V_{г} \quad (10)$$

В результате составлена новая расчетная таблица обобщенных характеристик продуктов сгорания смеси топливного и отдувочного газов в различных соотношениях (таблица).

Теплотехнические характеристики композиционного топлива

Соотношение газов		Технические характеристики			
Топливный газ	Отдувочный газ	Жаропроизводительность t_{max} , $^{\circ}C$	Максимальное теплосодержание $1 m^3$ сухих продуктов сгорания, P , kJ/m^3	Максимальное теплосодержание $1 m^3$ влажных продуктов сгорания, R , kJ/m^3	Отношение объемов сухих и влажных продуктов сгорания, B
1	0	1743,94	4749,21	3572,29	0,752
0,9	0,1	1719,86	4673,22	3522,532	0,754
0,8	0,2	1699,84	4607,03	3480,99	0,755
0,7	0,3	1676,68	4530,89	3432,97	0,758
0,6	0,4	1649,58	4442,39	3376,80	0,760
0,5	0,5	1617,45	4338,22	3310,23	0,763
0,4	0,6	1578,74	4213,84	3230,08	0,766
0,3	0,7	1531,20	4062,74	3131,70	0,771
0,2	0,8	1471,42	3875,26	3008,09	0,776
0,1	0,9	1393,98	3636,46	2848,13	0,783
0	1	1289,65	3321,85	2632,92	0,793

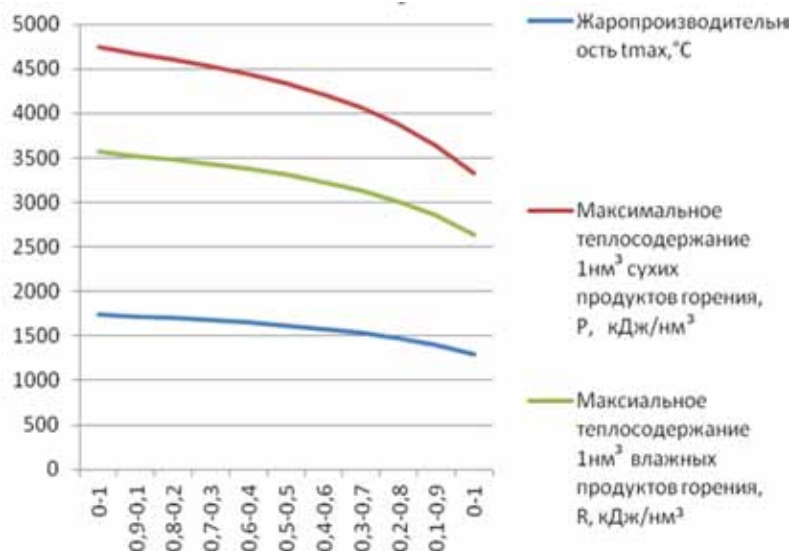


Рис. 3. Графические зависимости теплотехнических характеристик (t_{max} , R) от соотношения в его составе топливного и отдувочного газов

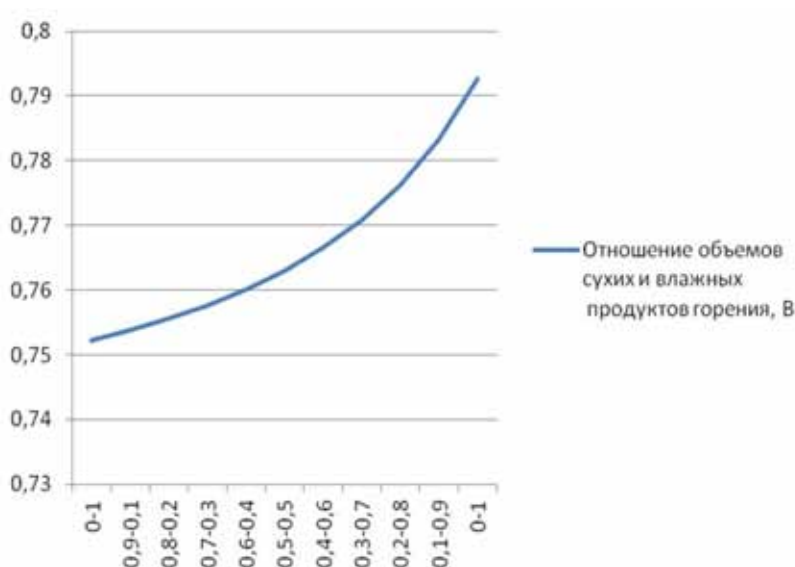


Рис. 4. Графические зависимости отношения объемов сухих и влажных продуктов горения от соотношения в его составе топливного и отдувочного газов

На рис. 3 и 4 отображены графические зависимости теплотехнических характеристик от соотношения в его составе топливного и отдувочного газов.

Далее можно рассчитать потери теплоты с уходящими газами (q_2) и теплоты вследствие химической неполноты сгорания (q_3).

Таким образом, в связи с непостоянным составом топливных смесей и с их значительными отличиями от традиционных видов топлива была проведена корректировка действующих методик расчета в части создание новых таблиц применительно к топливным смесям и определения новых теплотехнических характеристик сжигаемых смесей на основе отбросных газов. Таким образом, становится возможным более точное определение КПД котельного агрегата по методу обратного баланса применительно к работе топливосжигающего оборудования.

Список литературы

1. Малкова, И. Факел на 1,3 млрд \$/Газета «Ведомости»: №49, 2013г.
2. Филипов, А.В. Компонентный состав попутного нефтяного газа // Neftegaz.RU. – №10 – 2013.
3. Равич, М.Б. Упрощенная методика теплотехнических расчетов. – М.: Изд-во АН СССР, 1966. – 407 с.
4. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод) 3-е изд.. – СПб.: НПО ЦКТИ, 1998. – 256 с.

СЖИЖЕННЫЕ УГЛЕВОДОРОДНЫЕ ГАЗЫ. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Федосов И.А., Шаров А.В.

Нижегородский архитектурно-строительный университет,
Нижний Новгород, e-mail: Psikh_na_tanke89@mail.ru

Сжиженные углеводородные газы (СУГ) – смеси углеводородов, которые при нормальных условиях (атмосферное давление и T воздуха = 0°C) находятся