

ЭНЕРГЕТИКА

УДК 662.76 (045)

В. Н. Диденко, доктор технических наук, профессор

Е. М. Кашин

И. И. Ахмадишин, магистрант

ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОЛНОГО ПЕРЕВОДА КОТЛОАГРЕГАТОВ С ПРИРОДНОГО НА ГЕНЕРАТОРНЫЙ ГАЗ

Статья посвящена обзору особенностей замены природного газа генераторным, получаемого в газогенераторах прямой, обращенной схем и газогенераторе роторного типа. Анализируется зависимость количества газогенераторов от их энергетических характеристик.

Ключевые слова: генераторный газ, количество газогенераторов, прямая схема газификации, газогенератор роторного типа.

Одним из решений в области энергосбережения является выработка генераторного газа из отходов древесной или сельскохозяйственной промышленности. По предварительным оценкам, в виде отходов ежегодно образуется древесное сырье, эквивалентное 40 миллионам тонн условного топлива. Сегодня широкое распространение в качестве топлива получили древесные пеллеты, но технология производства этих пеллет не позволяет использовать кору хвойных деревьев и гнилую древесину. Газогенераторные технологии позволяют исключить этот недостаток пеллетного топлива, но на сегодняшний день применение генераторного газа как альтернативного источника энергии так и не получило должного распространения.

В данной работе рассматриваются энергетические аспекты полного перевода существующих котлов с природного на генераторный газ. Замена природного газа на генераторный предполагает расчет состава и энергетических характеристик замещающего газа, подбор газогенератора соответствующей схемы и требуемой производительности.

Сравнительные расчеты выполнялись для прямой и обращенной схем газификации (рис. 1). Преимущество прямой схемы газификации перед другими заключается в увеличении теплоты сгорания генераторного газа за счет дожигания образующихся смолистых соединений.

Низшая теплота сгорания 1 м^3 неконденсирующегося газа и выход сухого газа из 1 кг газифицируемого древесного топлива определялись по формулам (1)–(4):

$$Q_H = 127,5 \text{ CO} + 108,1 \text{ H}_2 + 358,8 \text{ CH}_4, \text{ кДж/м}^3, \quad (1)$$

$$V_g = \frac{22,4(C^p - C_n)}{12(\text{CO} + \text{CO}_2 + \text{CH}_4)} = \frac{1,867(C^p - C_n)}{\text{CO} + \text{CO}_2 + \text{CH}_4}, \text{ м}^3/\text{кг}, \quad (2)$$

где C^p – содержание углерода в рабочей массе; C_n – потери углерода в очаговых остатках и в виде пыли (принято 2 %);

$$C^p = \frac{C^c(100 - W^p)}{100}, \quad (3)$$

где C^c – содержание углерода в сухой массе; W^p – содержание влаги в рабочей массе;

$$C^c = \frac{C^r(100 - A^c)}{100}. \quad (4)$$

Здесь C^r – содержание углерода в горючей массе; A^c – содержание золы в сухой массе.

Коэффициент полезного действия газогенератора:

$$\eta_r = \frac{V_g Q_H}{(Q_H^p)_T}, \quad (5)$$

где $(Q_H^p)_T$ – низшая теплота сгорания газифицируемого топлива, кДж/кг.

Для древесного рабочего топлива принимался следующий средний элементарный состав [1, 2], %:

$$W^p = 17; \quad A^c = 0,7; \quad C^r = 50,0; \quad H^r = 6,0;$$

$$O^r = 43,0; \quad N^r = 1,0.$$

Состав генераторного газа при газификации рабочего топлива зависит от схемы газификации. Для прямой схемы газификации принимался следующий средний состав генераторного газа [3, 4]:

$\text{CO}_2 - 5,75 \%$; $\text{O}_2 - 0,2 \%$; $\text{N}_2 - 50,7 \%$; $\text{CO} - 27,1 \%$; $\text{H}_2 - 12,9 \%$; $\text{CH}_4 - 3,35 \%$ (содержание горючих веществ 43,35 %).

Для обращенной схемы генераторный газ имеет иной средний состав [5, 6]:

$\text{CO}_2 - 10 \%$; $\text{O}_2 - 0,15 \%$; $\text{N}_2 - 52,85 \%$; $\text{CO} - 19,5 \%$; $\text{H}_2 - 14,5 \%$; $\text{CH}_4 - 3,0 \%$ (содержание горючих веществ 37 %).

Количество воздуха, необходимое для сжигания 1 м^3 газа, определялось по формуле

$$L_0 = \frac{1}{21} [0,5(\text{CO} + \text{H}_2) + 2\text{CH}_4 - \text{O}_2] \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}.$$

Для прямой схемы газификации получено:

$$L_{0пр} = 1,262 \frac{\text{М}^3}{\text{М}^3}; \text{ для обратной схемы —}$$

$$L_{0обр} = 1,088 \frac{\text{М}^3}{\text{М}^3}.$$

По формулам (1)–(5) и при $(Q_H^p)_T \approx 20,0 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}$ определены средние значения энергетических характеристик генераторного газа и газогенераторов.

Для прямой схемы газификации: $Q_H = 6052 \text{ кДж/м}^3$; $V_g = 2,03 \text{ м}^3 / \text{кг}$; $\eta_r = 61,4 \%$.

Для обратной схемы: $Q_H = 5130 \text{ кДж/м}^3$; $V_g = 2,26 \text{ м}^3 / \text{кг}$; $\eta_r = 58,0 \%$.

Таким образом, прямая схема газификации древесного сырья, предусматривающая дожигание смолистых продуктов газификации, по сравнению с обратной схемой обеспечивает увеличение теплоты сгорания генераторного газа на 18 % и соответствующее увеличение коэффициента полезного действия газогенератора с 58,0 до 61,4 %.

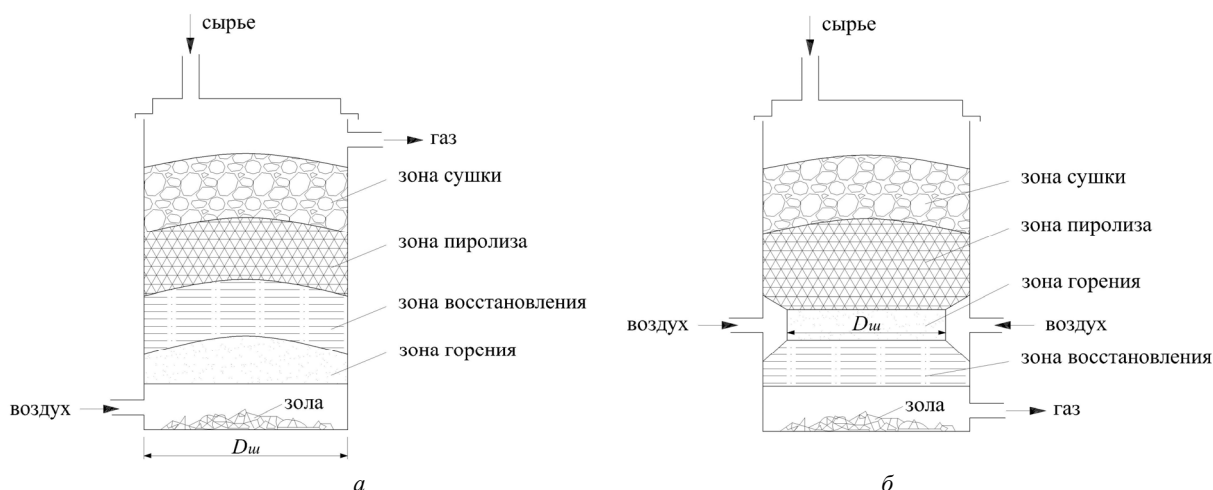


Рис. 1. Расчетные схемы газогенераторов прямого (а) и обратного (б) процессов газификации

Расход газа G_T , необходимый для обеспечения заданной мощности котла, определялся из условия:

$$Q_K = Q_H \cdot G_T \cdot \eta_{КА}, \quad (6)$$

откуда

$$G_T = \frac{Q_K \cdot 3600}{Q_H \cdot \eta_{КА}}, \frac{\text{м}^3}{\text{час}}. \quad (7)$$

Здесь Q_H – низшая теплота сгорания используемого газа; $\eta_{КА}$ – коэффициент полезного действия котельного агрегата.

Из (7) при $\eta_{КА} = \text{const}$ отношение расходов древесного генераторного и природного газов, обеспечивающих требуемую мощность любого котла, равно:

$$\frac{G_{ТГ}}{G_{ПРГ}} = \frac{Q_{НПРГ}}{Q_{НТГ}} = \frac{34,94}{6,052} = 5,773 \text{ — при использова-$$

нии генератора прямой схемы газификации;

$$\frac{G_{ТГ}}{G_{ПРГ}} = \frac{34,94}{5,130} = 6,811 \text{ — при использовании гене-$$

ратора обратной схемы газификации,

где $G_{ТГ}$, $Q_{НПРГ}$ – расход и низшая теплота сгорания природного газа (в расчетах приня-

то $Q_{НПРГ} = 34,94 \frac{\text{МДж}}{\text{М}^3}$); $G_{ТГ}$, $Q_{НТГ}$ – расход и низшая теплота сгорания генераторного газа.

Таким образом, для обеспечения требуемой мощности котла расход генераторного газа должен быть в 5,773–6,811 раз больше, чем природного. Но количество воздуха, необходимое для сжигания 1 м³ генераторного газа, почти в 9 раз меньше, чем при сжигании 1 м³ природного газа, поэтому при переводе котла на генераторный газ объем продуктов его сгорания будет в итоге меньше.

Это означает, что для адаптации существующих котлов к низкокалорийному генераторному газу, возможно, потребуется только модернизация или замена горелочных устройств и топливопроводов без изменения топочной и конвективной частей котла.

Одной из важнейших характеристик газогенератора является так называемое тепловое напряжение поперечного сечения шахты:

$$q_{ТП} = \frac{B_T' (Q_H^p)_T}{\pi \cdot D_{Ш}^2 / 4}, \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч}}, \quad (8)$$

где B_T' – расход рабочего топлива в газогенераторе, кг/час; $D_{Ш}$ – диаметр шахты газогенератора, м.

В работах [7, 8] в числе характеристик газогенераторов приводятся значения комплекса $\frac{B'_T}{\pi \cdot D_{ш}^2 / 4}$,

входящего в (8) и соответствующего количеству древесины, газифицирующейся в час с 1 м² поперечного сечения шахты («весовая интенсивность газификации» [9] или «весовое напряжение газогенератора» [10]):

$$\frac{B'_T}{\pi \cdot D_{ш}^2 / 4} = 268 - 300 \frac{\text{кг}}{\text{час} \cdot \text{м}^2} - \text{для газогенераторов}$$

прямого процесса газификации;

$$\frac{B'_T}{\pi \cdot D_{ш}^2 / 4} = 800 \frac{\text{кг}}{\text{час} \cdot \text{м}^2} - \text{для газогенераторов}$$

обращенного процесса газификации.

Тогда из (8) при использовании газогенераторов с прямой схемой газификации:

$$q_{ТП} = (268 \dots 300) \cdot 15,097 \cdot 10^3 =$$

$$= (4,046 \dots 4,529) \cdot 10^6 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{час}} - \text{для древесной щепы с}$$

$$(Q_H^p)_T \approx 15,097 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}};$$

$$q_{ТП} = (268 \dots 300) \cdot 20,0 \cdot 10^3 = (5,36 \dots 6,0) \cdot 10^6 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{час}} -$$

$$\text{для древесных чурок с } (Q_H^p)_T \approx 20,0 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}.$$

При использовании газогенераторов с обращенной схемой газификации:

$$q_{ТП} = 800 \cdot 15,097 \cdot 10^3 = 12,72 \cdot 10^6 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{час}} - \text{для}$$

древесной щепы;

$$q_{ТП} = 800 \cdot 20,0 \cdot 10^3 = 16,0 \cdot 10^6 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{час}} - \text{для дре-}$$

весных чурок.

В [11] для газогенераторов с прямой схемой газификации древесины рекомендуется принимать

$$q_{ТП} = (1 \dots 1,3) \cdot 10^6 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{час}} = (4,19 \dots 5,45) \cdot 10^6 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{час}}.$$

В дальнейших расчетах газификации древесины окончательно принято:

$$q_{ТП} = 5,45 \cdot 10^6 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{час}} - \text{для газогенераторов пря-}$$

$$\text{мого процесса газификации и } q_{ТП} = 12,72 \cdot 10^6 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^2 \cdot \text{час}} -$$

для газогенераторов обращенного процесса газификации.

Суммарный выход генераторного газа от n газогенераторов, обслуживающих один котел:

$$B_T^\Sigma = \frac{G_{ГТ}}{V_g}, \frac{\text{кг}}{\text{час}}. \quad (9)$$

Потребное количество газогенераторов для одного котла

$$n = \frac{B_T^\Sigma}{B'_T}. \quad (10)$$

Из (8) и (9):

$$B_T^\Sigma = \frac{G_{ГТ}}{V_g} = \frac{Q_K}{(Q_H^p)_{ГТ} \cdot \eta_{КА} \cdot V_g},$$

$$B'_T = \frac{q_{ТП} \cdot \pi \cdot D_{ш}^2}{4(Q_H^p)_T}.$$

Тогда из (10):

$$n = \frac{Q_K}{Q_H \cdot \eta_{КА} \cdot V_g} \frac{4(Q_H^p)_T}{q_{ТП} \cdot \pi \cdot D_{ш}^2} =$$

$$= Q_K \frac{(Q_H^p)_T}{Q_H^p} \frac{1}{V_g} \frac{1}{\eta_{КА}} \frac{1}{q_{ТП}} \frac{4}{\pi D_{ш}^2}.$$

Поскольку $\frac{Q_H V_g}{(Q_H^p)_T} = \eta_T$, то

$$n = Q_K \frac{1}{\eta_T} \frac{1}{\eta_{КА}} \frac{1}{q_{ТП}} \frac{4}{\pi D_{ш}^2}. \quad (11)$$

При средних значениях η_T и принятых величинах $q_{ТП}$ потребное количество газогенераторов прямой схемы:

$$n_{ПР} = Q_K \frac{1}{0,614} \frac{1}{\eta_{КА}} \frac{3600}{5,45 \cdot 10^6} \frac{4}{\pi D_{шПР}^2}$$

или

$$n_{ПР} = 1076,4 \cdot 10^{-6} \frac{Q_K}{\eta_{КА}} \frac{1}{\pi \cdot D_{шПР}^2 / 4}. \quad (12)$$

Потребное количество газогенераторов обращенной схемы газификации:

$$n_{ОБР} = Q_K \frac{1}{0,58} \frac{1}{\eta_{КА}} \frac{3600}{12,72 \cdot 10^6} \frac{4}{\pi D_{шОБР}^2}$$

или

$$n_{ОБР} = 487,8 \cdot 10^{-6} \frac{Q_K}{\eta_{КА}} \frac{1}{\pi \cdot D_{шОБР}^2 / 4}. \quad (13)$$

Для газогенераторов с обращенной схемой газификации существует ограничение [12] на диаметр шахты газогенератора $D_{ш}$ (не более 0,7 м).

В качестве примера рассматривался водогрейный котел КВ-ГМ-4,65-150, распространенный в различных областях теплоэнергетики. Мощность котла с горелкой РГМГ-4 составляет $Q_K = 4,65$ кВт при расходе природного газа 530 м³/ч [13].

Для котла КВ-ГМ-4,65-150 с $\eta_{КА} = 92\%$ при $D_{ш} = 0,7$ м получено:

$$n_{ПР} = 14,144; n_{ОБР} = 6,409.$$

Таким образом, при одинаковом диаметре шахты количество газогенераторов прямой схемы в 2,207 раза превышает число газогенераторов обращенной схемы газификации.

Но газогенераторы прямой схемы газификации, в отличие от обращенной, не имеют ограничения по диаметру шахты.

Из (12) и (13) следует, что при одинаковой мощности котла отношение количества газогенераторов обращенной схемы к количеству газогенераторов прямой схемы газификации обратно пропорционально квадрату отношения диаметров их шахт:

$$\frac{n_{\text{ОБР}}}{n_{\text{ПР}}} = 0,45318 \left(\frac{D_{\text{ШПР}}}{D_{\text{ШОБР}}} \right)^2.$$

При увеличении отношения $\frac{D_{\text{ШПР}}}{D_{\text{ШОБР}}}$, начиная со

значения 1,48547, количество газогенераторов обращенной схемы будет, наоборот, превышать число газогенераторов прямой схемы.

Если диаметр шахты газогенератора обращенной схемы газификации равен предельному (0,7 м), то отношение $\frac{n_{\text{ОБР}}}{n_{\text{ПР}}} = 1$ достигается при диаметре

шахты газогенератора прямой схемы, равном 1,0398 м.

Для обеспечения мощности $Q_k = 4,65$ кВт котла КВ-ГМ-4,65-150 одним газогенератором прямой схемы газификации необходим диаметр шахты, равный $D_{\text{Ш}} = 2,633$ м.

Из (11) следует значение максимальной мощности котла, которую обеспечивает один газогенератор с заданным диаметром шахты:

$$Q_k = \eta_{\text{ГТ}} \eta_{\text{КА}} q_{\text{ГТ}} \frac{\pi D_{\text{Ш}}^2}{4}. \quad (14)$$

Для размещения газогенератора прямой схемы газификации в кузове автомобиля диаметр шахты ограничивается размером 2 м, тогда из (14) мощность котла, обеспечиваемая одним таким газогенератором, составит $Q_k = 2685,21$ кВт.

Максимальная мощность котла, которую обеспечивает один газогенератор обращенной схемы с диаметром шахты 0,7 м, равна $Q_k = 725,21$ кВт.

Результаты расчетов потребного количества газогенераторов прямой и обращенной схем газификации для котлов КВГМ представлены в таблице и на рис. 2.

Потребное количество газогенераторов прямой и обращенной схем газификации для котлов КВГМ

Марка котла	КВЕ-0,7-115Гн	КВ-1,6ГМ	КВ-ГМ-2,9-150С	КВ-ГМ-4,65-150	КВ-ГМ-7,56-150	КВ-ГМ-11,63-150	КВ-ГМ-23,26-150
Мощность котла, МВт	0,7	1,6	2,9	4,65	7,65	11,63	23,26
КПД котла	0,86	0,91	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Расчетное количество газогенераторов прямой схемы ($D_{\text{Ш}} = 2,0$ м)	0,28	0,60	1,08	1,73	2,85	4,33	8,67
Расчетное количество газогенераторов обращенной схемы ($D_{\text{Ш}} = 0,7$ м)	1,03	2,23	4,00	6,41	10,55	16,03	32,06

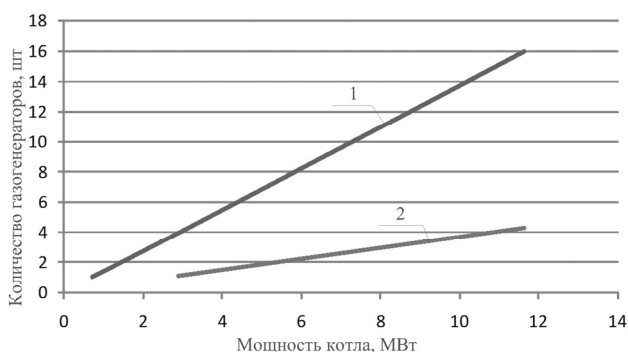


Рис. 2. Зависимость расчетного числа газогенераторов от мощности обслуживаемого котла: 1 — обращенная схема ($D_{\text{Ш}} = 0,7$ м); 2 — прямая схема газификации ($D_{\text{Ш}} = 2,0$ м)

Из проведенного анализа следует, что количество газогенераторов, обеспечивающих требуемую мощность котла, обратно пропорционально площади ак-

тивной зоны газификации. Перспективным способом существенного увеличения площади активной зоны газификации является использование газогенераторов роторного типа [14].

Размеры зон газификации газогенераторов прямой схемы и роторного типа (рис. 3) с одинаковыми габаритами (высота H и диаметр корпуса $D_{\text{Ш}}$) кардинально отличаются [15, 16]. Активная зона в газогенераторе роторного типа имеет больший размер по сравнению с дискообразной зоной газификации газогенератора прямого процесса газификации, что иллюстрируется рис. 4. На этом рисунке $D_{\text{РТ}}$ — это некоторый диаметр цилиндрической поверхности активной зоны, примерно равный $D_{\text{Ш}}$. Таким образом, при вращении топлива дискообразная активная зона трансформируется в тело вращения и увеличивается в размерах по высоте, вплоть до высоты ротора газогенератора.

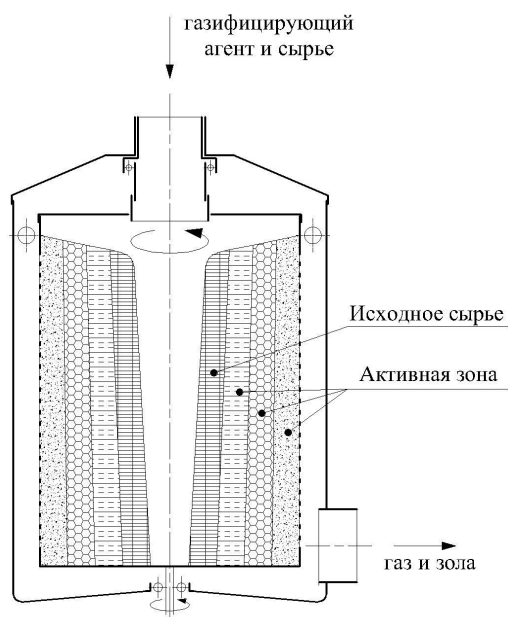


Рис. 3. Схема газогенератора роторного типа с вертикальным расположением ротора

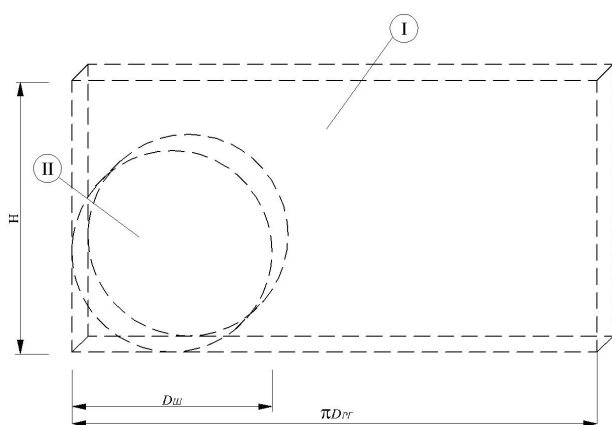


Рис. 4. Сравнительные формы и размеры активных зон газификации газогенераторов прямой схемы и роторного типа: I – развертка активной зоны газификации газогенератора роторного типа; II – горизонтальная проекция активной зоны газификации газогенератора прямого процесса газификации

По аналогии с выводом формулы (12) для определения количества газогенераторов роторного типа получено:

$$n_p = 1076,4 \cdot 10^{-6} \frac{Q_k}{\eta_{KA}} \frac{1}{F_{зг}} = 1076,4 \cdot 10^{-6} \frac{Q_k}{\eta_{KA}} \frac{1}{\pi \cdot D_{рг} \cdot H}, \quad (15)$$

где $F_{зг}$ – площадь активной зоны газификации.

Соотношение между количеством газогенераторов прямой или обращенной схем газификации и количеством газогенераторов роторного типа при одинаковой мощности котла из (15), (12) и (13) имеет вид:

$$\frac{n_{пр}}{n_p} = \frac{4H}{D_{ш}}; \quad (16)$$

$$\frac{n_{обр}}{n_p} = \frac{1,81271 \cdot H}{D_{ш}}. \quad (17)$$

Так, расчет по формуле (15) для котла КВ-ГМ-4,65-150 с $\eta_{KA} = 92\%$ при $D_{рг} = 0,7$ м и произвольном значении $H = 1,0$ м дает $n_p = 2,47$.

Ранее для котла КВ-ГМ-4,65-150 с $\eta_{KA} = 92\%$ при диаметре шахты газогенератора $D_{ш} = 0,7$ м было получено: $n_{пр} = 14,144$ и $n_{обр} = 6,409$.

Таким образом, при одинаковой диаметре шахты $D_{ш} = 0,7$ м количество газогенераторов роторного типа с произвольным значением $H = 1,0$ м в 5,72 раза меньше числа газогенераторов прямой схемы газификации и в 2,59 раз меньше числа газогенераторов обращенной схемы газификации.

При увеличении H преимущество газогенераторов роторного типа возрастает еще более. Так, при роторе с $H = 2,47$ м и $D_{рг} = 0,7$ м котел КВ-ГМ-4,65-150 может обеспечиваться газом уже от одного газогенератора роторного типа.

Выводы

1. Для сохранения одинаковой мощности котла расход генераторного газа прямой схемы газификации должен превышать расход природного газа с $Q_{нпр,г} = 34,94 \frac{\text{МДж}}{\text{м}^3}$ в 5,773 раза, а при использовании газогенераторов с обращенной схемой газификации – в 6,811 раза.

2. При одинаковых мощности котла и диаметре шахты количество газогенераторов прямой схемы в 2,207 раза превышает число газогенераторов обращенной схемы газификации. Этот результат при явных энергетических преимуществах генераторного газа прямой схемы газификации объясняется большей поверхностью активной зоны у газогенераторов обращенной схемы, имеющих тепловое напряжение поперечного сечения шахты в 2,334 раза большее, чем у газогенераторов прямой схемы.

3. Отношение количества газогенераторов обращенной схемы к количеству газогенераторов прямой схемы газификации при одинаковой мощности котла обратно пропорционально квадрату отношения диаметров их шахт. Увеличение отношения сверх $\frac{D_{шпр}}{D_{шобр}} = 1,48547$ при одинаковой мощности котла

приводит к превышению количества газогенераторов обращенной схемы над числом газогенераторов прямой схемы газификации. Максимальная мощность котла, которую может обеспечивать один газогенератор обращенной схемы с предельным диаметром шахты 0,7 м, равна 0,725 МВт. Один газогенератор прямой схемы с диаметром шахты 2 м, допускающим его размещение в кузове автомобиля, обеспечивает работу котла мощностью 2,685 МВт.

4. Количество газогенераторов, обеспечивающих требуемую мощность котла, при прочих равных параметрах обратно пропорционально площади актив-

ной зоны газификации. Перспективным способом существенного увеличения площади активной зоны газификации является использование газогенераторов роторного типа, у которых активная зона имеет вид тела вращения и может без ограничений увеличиваться в размерах по высоте (длине) ротора газогенератора. Количество газогенераторов роторного

типа в $4\frac{H}{D_{III}}$ раз меньше числа газогенераторов

прямой схемы газификации и в $1,81271\frac{H}{D_{III}}$ раз

меньше числа газогенераторов обращенной схемы газификации. Широкому внедрению газогенераторов роторного типа мешают еще нерешенные проблемы с безопасностью эксплуатации и ресурсом работы этого типа газогенераторов.

5. Количество воздуха, необходимое для полного сжигания 1 м^3 генераторного газа прямой схемы газификации, составляет $1,262\text{ м}^3$ и обращенной – $1,088\text{ м}^3$, что почти в 9 раз меньше, чем для сжигания 1 м^3 природного газа, поэтому при переводе котла на генераторный газ с расходом, увеличенным в 5,773–6,811 раза, объем продуктов сгорания даже уменьшается.

Таким образом, для адаптации существующих котлов к низкокалорийному генераторному газу не потребуется модернизация топочной и конвективной частей котла. Возможна замена только горелочных устройств и топливопроводов.

Библиографические ссылки

1. Токарев Г. Г. Газогенераторные автомобили. – М. : Машгиз, 1955. – 206 с.
2. Кашин Е. М., Диденко В. Н. История развития газогенераторов. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2013. – 76 с.
3. Токарев Г. Г. Указ. соч. – 206 с.
4. Кашин Е. М., Диденко В. Н. История развития газогенераторов. – 76 с.
5. Токарев Г. Г. Указ. соч. – 206 с.
6. Кашин Е. М., Диденко В. Н. История развития газогенераторов. – 76 с.
7. Токарев Г. Г. Указ. соч. – 206 с.
8. Кашин Е. М., Диденко В. Н. Установки для получения генераторного газа. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2013. – 96 с.
9. Коллеров Л. К. Газомоторные установки. – М. ; Л. : Машгиз, 1951. – 240 с.
10. Юдушкин Н. Г. Газогенераторные тракторы. Теория, конструкция и расчет. – М. : Машгиз, 1955. – 244 с.
11. Там же.
12. Кашин Е. М., Диденко В. Н. Активные зоны газогенератора твердого топлива роторного типа // Интеллектуальные системы в производстве. – 2013. – № 2. – 204 с.
13. Ионин А. А. Газоснабжение : учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1989. – 439 с. : ил.
14. Пат. 2579112 Российская Федерация, МПК F23G5/027, C10J3/00. ГАЗОГЕНЕРАТОР ТВЕРДОГО ТОПЛИВА / Кашин Е. М., Диденко В. Н.; заявитель и патентообладатель: Кашин Е. М., Диденко В. Н. – 2014144242/03; заявл. 31.10.2014; опубл. 27.03.2016.
15. Кашин Е. М., Диденко В. Н. Активные зоны газогенератора твердого топлива роторного типа // Интеллектуальные системы в производстве. – 204 с.
16. Кашин Е. М., Диденко В. Н. Определение величины активной зоны газогенератора роторного типа // Интеллектуальные системы в производстве. – 2014. – № 2. – 178 с.

V. N. Didenko, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU
E. M. Kashin, Kalashnikov ISTU
I. I. Akhmadishin, Master's Degree Student, Kalashnikov ISTU

Energy Aspects of Complete Transmission of Boiler Generators from Natural to Generator Gas

The paper is devoted to review of features for substitution of natural gas by the generator one, obtained in gas generators with the direct and reverse schemes and in rotor gas generators. The dependence of the number of gas generators from their energy parameters is analyzed.

Keywords: generator gas, number of gas generators, direct gasification scheme, rotor gas generator.

Получено: 24.05.16