

## Исследование параметров работы теплогенераторов на основе характеристик газогорелочных устройств

*О.А. Калиничева, П.Е. Тараников*

*Волгоградский государственный технический университет*

**Аннотация:** В статье показана зависимость основных параметров работы теплогенератора от наладки газогорелочного устройства. Приведен расчет одного из основных параметров. Даны рекомендации по сохранению показателей параметров.

**Ключевые слова:** теплогенератор, котельный агрегат, газогорелочное устройство, коэффициент избытка воздуха, уходящие дымовые газы, концентрация оксида углерода.

На сегодняшний день актуальной целью нашей страны является эффективное использование энергоресурсов. В 2009 году был принят федеральный закон №261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». В связи с этим человечество стало чаще применять альтернативные или возобновляемые источники энергии.

К одному из основных источников относится природный газ. Потребляют и используют люди данный источник с помощью теплогенераторов.

Теплогенератор: устройство, предназначенное для выработки тепловой энергии за счет сжигания органического топлива. Основными составляющими элементами являются: камера сгорания, теплообменное устройство, газовая горелка и вентилятор [1].

История создания данного оборудования берет свое начало в XIX веке Бенджамин Мохан в 1868 году запатентовал первый водонагреватель под названием «Гейзер» работающий на природном газе. Однако отсутствие дымохода делало использование этого устройства в домашних условиях небезопасным [2].

В дальнейшем теплогенерирующие установки модернизировались и по сей день разрабатываются современные модели оборудования, но проблема наладки основных параметров работы теплогенератора на основе характеристик применяемого газогорелочного устройства остается актуальной и нерешенной.

К основным параметрам, характеризующим правильную и энергоэффективную работу теплогенератора относятся:

- 1) Потребляемый расход газового топлива;
- 2) значение коэффициента полезного действия (КПД);
- 3) значение коэффициента избытка воздуха, подаваемого на горение;
- 4) значение температуры уходящих за теплогенератором газов;
- 5) концентрация оксида углерода в уходящих дымовых газах;
- 6) длина, цвет и проскок факела пламени газогорелочного устройства;
- 7) теплоотдача оборудования.

Значения данных параметров работы напрямую зависят от характеристик и настройки выбранного газогорелочного оборудования [3,4].

Неправильный подбор или настройка газовой горелки приводят к увеличению или уменьшению показателей основных параметров теплогенератора. Как следствие, образуется ряд негативных последствий:

- 1) Химический недожог газового топлива
- 2) Чрезмерные теплопотери оборудования.

Химический недожог является одним из главных сигналов о должном отсутствие наладки оборудования. Проявление этого явления не только снижает работоспособность оборудования, срок его эксплуатации, но и наносит вред экологии и жизни человека.

---

Основной показатель наличия химического недожога – завышенная концентрация оксида углерода (CO) и оксида азота (ON) [5].

Превышение концентрации CO выше 50 ppm, отравляет организм человека. Каждый день человек вдыхает воздух с молекулярным составом из 600 летучих и нелетучих соединений, куда также входит концентрация оксида углерода. Ежедневное потребление воздуха с превышением CO может спровоцировать появление такого заболевания, как галитоз [6].

Основная причина возникновения явления химического недожога – непропорциональное смешение газа и воздуха, подаваемых в топку горения.

Недолжное открытие сервопривода воздушной заслонки на газогорелочном устройстве обеспечивает неравный объем подаваемого на горение воздуха. Недостаток или избыток воздуха, поступающего в топку газогорелочного устройства, свидетельствует об отсутствии наладки используемого оборудования.

При недостаточном количестве воздуха, подаваемого в горелку, происходит неполное сгорание метана, водорода и оксида углерода в топке, которые в последующем выходят в атмосферу вместе с уходящими газами. В камере сгорания происходит смешение кислорода, несгоревших и полностью сгоревших веществ с парами воды, в результате чего образуются газообразные продукты сгорания [7,8].

При разбавлении продуктов сгорания избыточным количеством воздуха, возникает рост потерь теплоты с уходящими газами, увеличение объема продуктов сгорания, и, как следствие, снижается интенсивность теплообмена в топке теплогенератора (котельной установки), происходит понижение теоретической температуры горения топлива.

На примере полученных данных с промышленного предприятия в г. Волжском более наглядно рассмотрим зависимость основных параметров

---

работы теплогенератора от характеристик и настройки газогорелочного устройства.

На данном предприятии установлена блочно-модульная котельная с тремя теплогенераторами REX 500 фирмы «ICI CALDAIE» с газогорелочным устройством Ecoflam MULTICALOR 700.1.

После ввода в эксплуатацию на одном из водогрейных теплогенераторов был произведен ряд замеров газоанализаторным прибором testo 320, полученные значения которых занесены в табл. 1.

Таблица №1

Значения основных объемных компонентов уходящих дымовых газов

Наименование объемного компонента	Обозначение компонента	Полученное значение, %	
		1-я ступень	2-я ступень
Оксид углерода	CO	510	450
		9,1	9,4
Диоксид углерода	CO <sub>2</sub>	9,1	9,4
Кислород	O <sub>2</sub>	5,1	4,2

На основании полученных значений можно предположить о избытке подаваемого воздуха в топку горения. Для полной уверенности рассчитаем коэффициент избытка воздуха по формуле (1).

$$\lambda = 1 + \left( \frac{CO_{2max}}{CO_2} - 1 \right) * 0,9, \quad (1)$$

где:

CO<sub>2max</sub> - максимально возможное содержание диоксида углерода в уходящих газах;

CO<sub>2</sub> – содержание диоксида углерода, полученное при измерении параметров уходящих за котлом газов.

Рассчитаем коэффициент избытка воздуха по формуле (1) для 1-ой ступени газовой горелки:

$$\lambda = 1 + \left( \frac{11,8}{9,1} - 1 \right) * 0,9 = 1,26$$

Рассчитаем коэффициент избытка воздуха по формуле (1) для 2-ой ступени газовой горелки:

$$\lambda = 1 + \left( \frac{11,8}{9,4} - 1 \right) * 0,9 = 1,22$$

Высокий показатель коэффициента избытка воздуха свидетельствует о превышении поступающего на горение воздуха. Отсутствие равных объемов газа и воздуха привело к высоким теплотерям оборудования и низкому показателю КПД 88,6% и 90,4%. Завышенное содержание CO свидетельствует о химическом недожоге топлива.

Котлоагрегат работает не на всю мощность, тем самым снижает тепло, вырабатываемое в помещениях предприятия, ухудшается микроклимат, понижая комфорт пребывания сотрудников на рабочем месте. Завышенное содержание оксида углерода подрывает экологическую безопасность предприятия [9].

Основной ошибкой в отсутствие оптимальных значений параметров работы теплогенерирующей установки является отсутствие правильной наладки газогорелочного устройства.

В дальнейшем для достижения оптимальных значений было отрегулировано открытие сервопривода воздушной заслонки газовой горелки. В ходе регулировки был произведен повторный ряд замеров, новые полученные значения занесены в табл.2.

Таблица №2

Значения основных объемных компонентов уходящих дымовых газов

Наименование объемного компонента	Обозначение компонента	Полученное значение, %	
		1-я ступень	2-я ступень
Оксид углерода	CO	20	15
		9,9	10,0
Диоксид углерода	CO <sub>2</sub>	9,9	10,0
Кислород	O <sub>2</sub>	3,3	3,1

Полученные значения соответствуют рекомендуемым показателям производителем газогорелочного устройства.

Содержание оксида углерода меньше 50 ppm, что соответствует допустимому значению и свидетельствует об отсутствии явления химического недожога [9].

Чтобы убедиться в отсутствии избытка воздуха, поступающего на горение, рассчитаем по формуле (1) для 1-ой и 2-ой ступени коэффициент избытка воздуха.

Для 1-ой ступени показатель коэффициента составит:

$$\lambda = 1 + \left( \frac{11,8}{9,9} - 1 \right) * 0,9 = 1,17$$

Для 2-ой ступени показатель коэффициента составит:

$$\lambda = 1 + \left( \frac{11,8}{10,0} - 1 \right) * 0,9 = 1,16$$

В результате наладки газогорелочного оборудования наблюдается снижение воздуха, что приводит к уменьшению значения показателя коэффициента избытка воздуха.

Приведение параметров работы к оптимальным значениям позволило увеличить КПД агрегата до показателей 91,2 %, повысить экологическую безопасность производства, создать оптимальные условия микроклимата для здоровья и увеличения работоспособности персонала.

Основная задача - не только произвести правильную настройку газовой горелки, но и поддерживать данные результаты на протяжении всего эксплуатационного периода. Это поможет снизить риск быстрого выхода оборудования из строя, сохранив его энергоэффективность [10].

На основании вышеизложенного материала показана зависимость показателей основных параметров работы теплогенератора от характеристик и настройки выбранного газогорелочного устройства.

### Литература

1. Несиловский О.Г., Адакин Р.Д. Анализ конструкций теплогенераторов // История и перспективы развития транспорта на севере России. 2014. №1. С. 149-151. URL: [elibrary.ru/item.asp?id=21595421](http://elibrary.ru/item.asp?id=21595421).
  2. Топоров А.Л. История создания настенных газовых котлов. Создание первых проточных газовых нагревателей и котлов // СОК. 2020. №9. С. 18-19. URL: [c-o-k.ru/articles/istoriya-sozdaniya-nastennyh-gazovyh-kotlov-sozdanie-pervyh-protocnyh-gazovyh-nagrevateley-i-kotlov](http://c-o-k.ru/articles/istoriya-sozdaniya-nastennyh-gazovyh-kotlov-sozdanie-pervyh-protocnyh-gazovyh-nagrevateley-i-kotlov).
  3. Нефедова М.А. Анализ технических характеристик современных газогорелочных устройств // Нефтегазовое дело. 2015. №5. С. 411-421. URL: [ogbus.ru/article/view/analiz-texnicheskix-xarakteristik-sovremennyh-gazogorelochnyx-ustrojstv-analysis-of-the-technical-characteristics-of-modern-gas-burning-devices](http://ogbus.ru/article/view/analiz-texnicheskix-xarakteristik-sovremennyh-gazogorelochnyx-ustrojstv-analysis-of-the-technical-characteristics-of-modern-gas-burning-devices).
  4. Волосатова Т.А. Основные вопросы энергоэффективности тепловых водяных котельных и варианты их решения // Инженерный вестник Дона, 2013, №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1899](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1899).
-

5. Кохтавшили Н.Т., Паняева В.Д., Шарков И.А. Контролируемый химический недожег топлива в паровых котлах // Научно-практический электронный журнал Аллея Науки. 2020. №8 (47). URL: [alley-science.ru/domains\\_data/files/1August2020/KONTROLIRUEMYY%20HIMICHESKIY%20NEDOZHOG%20TOPLIVA%20V%20PAROVYH%20KOTLAN.pdf](http://alley-science.ru/domains_data/files/1August2020/KONTROLIRUEMYY%20HIMICHESKIY%20NEDOZHOG%20TOPLIVA%20V%20PAROVYH%20KOTLAN.pdf).

6. Тараканов С.А., Подольский М.Д., Трифонов А.А., Гайдуков В.С. Анализ состава выдыхаемого человеком воздуха для диагностики галитоза // Инженерный вестник Дона, 2013, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2058](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2058).

7. Джон Д. СТ., Самуэлсен Г.С. Активный, оптимальный контроль промышленной модели горелки на природном газе // Двадцать пятый симпозиум (международный) по горению / Институт горения. 1994. С. 307-316. URL: [escholarship.org/content/qt1t9903sc/qt1t9903sc\\_noSplash\\_7dfb3485b42ca1b84813b1b45582cb5f.pdf](http://escholarship.org/content/qt1t9903sc/qt1t9903sc_noSplash_7dfb3485b42ca1b84813b1b45582cb5f.pdf).

8. Пимента Дж., Де Лима Л.К., Дуарте Дж. Б.Ф., Маседо М.Р. Тестирование промышленных горелок и анализ эффективности сгорания // Теплотехнический журнал. 2002. №1 URL: [revistas.ufpr.br/reterm/article/view/3503](http://revistas.ufpr.br/reterm/article/view/3503).

9. Григорян М.П. Экология и настройка котла // Журнал «Аква-терм». 2019. №3. URL: [aqua-therm.ru/articles/articles\\_604.html](http://aqua-therm.ru/articles/articles_604.html).

10. Хаванов П.А. Атмосферные газовые горелки автономных теплогенераторов // Журнал «АВОК». 2003. №1 URL: [http://vps19.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=1914](http://vps19.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=1914).

### References

1. Nesilovskij O.G., Adakin R.D. Istoriya i perspektivy razvitiya transporta na severe Rossii. 2014. №1. p. 149-151. URL: [elibrary.ru/item.asp?id=21595421](http://elibrary.ru/item.asp?id=21595421).

2. Toporov A.L. SOK. 2020. №9. p. 18-19. URL: [c-o-k.ru/articles/istoriya-sozdaniya-nastennyh-gazovyh-kotlov-sozдание-pervyh-protochnyh-gazovyh-nagrevateley-i-kotlov](http://c-o-k.ru/articles/istoriya-sozdaniya-nastennyh-gazovyh-kotlov-sozдание-pervyh-protochnyh-gazovyh-nagrevateley-i-kotlov).

3. Nefedova M.A. Neftegazovoe delo. 2015. №5. p. 411-421. URL: [ogbus.ru/article/view/analiz-texnicheskix-xarakteristik-sovremennyx-gazogorelochnyx-ustrojstv](http://ogbus.ru/article/view/analiz-texnicheskix-xarakteristik-sovremennyx-gazogorelochnyx-ustrojstv) analysis-of-the-technical-characteristics-of-modern-gas-burning-devices.

4. Volosatova T.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №3. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1899](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1899).

5. Kohtavshili N.T., Panyaeva V.D., SHarkov I.A. Nauchno-prakticheskij elektronnyj zhurnal Alleya Nauki. 2020. №8 (47). URL: [alley-science.ru/domains\\_data/files/1August2020/KONTROLIRUEMYI%20HIMICHESKIY%20NEDOZHOG%20TOPLIVA%20V%20PAROVYH%20KOTLAH.pdf](http://alley-science.ru/domains_data/files/1August2020/KONTROLIRUEMYI%20HIMICHESKIY%20NEDOZHOG%20TOPLIVA%20V%20PAROVYH%20KOTLAH.pdf).

6. Tarakanov S.A., Podol'skij M.D., Trifonov A.A., Gajdukov V.S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2058](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2058).

7. Dzhon D. ST., Samuelsen G.S. Dvadcat' pyatyj simpozium (mezhdunarodnyj) po goreniyu - Institut goreniya. 1994. p. 307-316. URL: [escholarship.org/content/qt1t9903sc/qt1t9903sc\\_noSplash\\_7dfb3485b42ca1b84813b1b45582cb5f.pdf](http://escholarship.org/content/qt1t9903sc/qt1t9903sc_noSplash_7dfb3485b42ca1b84813b1b45582cb5f.pdf).

8. Pimenta Dzh., De Lima L.K., Duarte Dzh. B.F., Masedo M.R. Teplotekhnicheskij zhurnal. 2002. №1. URL: [revistas.ufpr.br/reterm/article/view/3503](http://revistas.ufpr.br/reterm/article/view/3503).

9. Grigoryan M.P. Zhurnal «Akva-term». 2019. №3. URL: [aqua-therm.ru/articles/articles\\_604.html](http://aqua-therm.ru/articles/articles_604.html).

10. Havanov P.A. Zhurnal «AVOK». 2003. №1. URL: [http://vps19.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=1914](http://vps19.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=1914).

---