

УДК 620.9.62-611.62-623.1.62-67.628.51

**АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СОВРЕМЕННЫХ  
ГАЗОГОРЕЛОЧНЫХ УСТРОЙСТВ**

**ANALYSIS OF THE TECHNICAL CHARACTERISTICS OF MODERN  
GAS-BURNING DEVICES**

**Нефёдова М. А.**

**ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет»,  
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация**

**M. A. Nefedova**

**FSBEI HPE “Saint-Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering”,  
Saint-Petersburg, the Russian Federation**

**e-mail: ssgasu@mail.ru**

**Аннотация.** В настоящее время одной из актуальных проблем современной газовой отрасли является энергосбережение и энергоэффективное использование топливно-энергетических ресурсов. Одним из вариантов решения таких проблем является сокращение затрат на производство тепловой энергии, за счет повышения коэффициента полезного действия (кпд) котельного оборудования. Этого можно добиться, используя современное газогорелочное устройство – газовую горелку.

Газовая горелка – устройство, которое обеспечивает подачу требуемого количества смеси газа и окислителя (кислорода или воздуха), создает условия их смешения, транспортирует полученную смесь к месту сжигания и обеспечивает эффективное сгорание газа. При этом

газогорелочное устройство должно пройти все государственные испытания, должно быть изготовлено на специализированном предприятии и соответствовать всем современным нормам и требованиям. Существуют газовые горелки, в которых к месту сгорания подается и газ, и воздух, либо только газ. Причем, в первом случае, когда подается газ и воздух, их предварительного смешения внутри газовой горелки не происходит. Одним из факторов отвечающим за эффективную работу газовой горелки является отсутствие явлений проскока и отрыва пламени. Способ сжигания газообразного топлива определяется конструкцией газогорелочного устройства, а КПД установки и отсутствие химической неполноты сгорания будут зависеть от ее совершенности.

Большинство газогорелочных устройств имеют общие конструктивные элементы, независимо от своего типа, такие как: сопло, смеситель, горелочная насадка, стабилизатор горения. Именно это дает возможность для более углубленного изучения устройства конкретного газогорелочного устройства, а также для дальнейшей доработки и улучшения параметров её работы.

**Abstract.** Currently, one of the urgent problems of modern gas industry is an energy-saving and energy-efficient use of energy resources. One solution to these problems is to reduce the cost of production of thermal energy, by increasing the coefficient of performance (efficiency) of the boiler equipment. This can be achieved by using modern gas-burning devices – gas burner. Gas burner – a device that supplies the required amount of mixture gas and an oxidizer (oxygen or air), creates the conditions for their mixing, transports the resulting mixture to the point of combustion and provides efficient gas combustion. In this gas-burning device must pass all state tests must be made on a specialized company and meet all modern standards and requirements. There are gas burners in which the combustion is supplied to the place and the gas and the air or gas only. With that, in the first case, when supplied with gas and air, the inside of the premixing gas burner does not occur. One of the factors

responsible for the efficient operation of the gas burner is the lack of breakthrough phenomena and flame lift. The method of burning gaseous fuels is determined by the construction of gas-burning device and the degree of efficiency and lack of chemical incomplete combustion will depend on its fulfillment.

Most gas-burning devices have common design elements, regardless of their type, such as a nozzle, mixer, burner nozzle, combustion stabilizer. It gives an opportunity for more in-depth study of a particular device gas-burning devices, as well as for the further development and improvement of the parameters of its work.

**Ключевые слова:** газогорелочное устройство, сопло, горелочная насадка, стабилизатор горения, конфузор, камера смешения, диффузор, кратер горелки, факел пламени, атмосферная горелка, первичный воздух, коэффициент избытка первичного воздуха.

**Key words:** gas-burning device, a nozzle, burner nozzle, stabilizer, combustion confuser, a mixing chamber, a diffuser, a crater, burner flame, atmospheric burner, the primary air, excess ratio of primary air.

В настоящее время общая эффективность использования энергоресурсов в РФ не превышает 30%, т.е. около 2,3 подведенной энергии теряется в процессе неэффективного расходования. Между тем современный уровень развития техники и технологии позволяет иметь коэффициент полезного использования энергоресурсов не менее 50 – 60%. Следовательно, общая эффективность использования энергоресурсов может быть повышена в 1,5 – 2 раза по сравнению с достигнутым уровнем. Это создает благоприятные условия для решения комплекса важных экономических и социальных проблем [1].

В различных энергетических установках, применяемых, как для коммунально-бытовых, так и для производственных нужд в качестве топлива используется природный газ.

К качеству воспроизводимой теплоты такими энергоустановками предъявляется ряд требований, основными из которых являются:

1. Энергоустановка должна иметь высокий коэффициент полезного действия (кпд).
2. Энергоустановка должна гарантировать бесперебойность и безопасность горения топлива.
3. Должна соответствовать современным требованиям по энергосбережению и экологичности [7].

Все эти требования будут соблюдаться лишь в том случае, если будет выбрано правильное газогорелочное устройство, отвечающее современным нормативным документам.

Под газогорелочным устройством подразумевается газовая горелка, которая правильно организует процесс горения природного газа, преобразуя при этом химическую энергию в тепловую.

В настоящее время газогорелочные устройства широко применяются в разных сферах деятельности, таких как: химическая промышленность, деревообрабатывающая промышленность, сельское хозяйство, переработка отходов, металлургическая промышленность, легкая промышленность, отопление и горячее водоснабжение, в строительстве и на транспорте.

Требования, предъявляемые к газовым горелкам несколько обширнее, чем у энергетических установок. Так основными из них являются:

1. Газогорелочное устройство должно обеспечивать полное сжигание природного газа в пределах топочного объема камеры сгорания котлоагрегата.
2. Газовая горелка должна обеспечивать стабилизацию факела и устойчивость воспламенения.

3. Факел газовой горелки должен соответствовать технологическим требованиям, а также должен легко регулироваться при изменении теплообменных нагрузок.

4. Должно обеспечиваться предотвращение проскока и отрыва пламени.

5. Газовая горелка должна обеспечивать низкое гидравлическое сопротивление по пути движения воздуха и газа.

6. Газовая горелка не должна иметь большие габаритные размеры и быть тяжёлой.

7. Газовая горелка не должна издавать большое количество шума при работе. Его уровень не должен превышать 85 дБ.

8. Газогорелочное устройство должно быть надёжно и безопасно в обслуживании[2].

Процесс горения газа в газогорелочных устройствах можно разделить на три основные стадии:

1. Образование газозвушной смеси;
2. Подогрев газообразного топлива до температуры воспламенения;
3. Химическая реакция горения газа [3].

Все вышеперечисленные процессы происходят в камере сгорания и непосредственно в самой горелке.

Последовательность работы газовой горелки:

1. Подача воздуха и газа в топочное устройство для смешения;
2. Само смесеобразование;
3. Стабилизация фронта воспламенения при заданных нагрузках;
4. Обеспечение интенсивности процесса горения природного газа.

Основными элементами газовой горелки является сопло, смеситель и горелочная насадка со стабилизирующим устройством.

В зависимости от того по какому принципу происходит процесс сжигания газа горелочные устройства, условно, можно разделить на два вида: диффузионные и инжекционные.

Диффузионная горелка состоит из сопла, которое является одновременно и кратером горелки (горелочной насадкой), из керамической или металлической стабилизирующей трубки. В таких горелках смеситель создает необходимые условия для процесса смесеобразования, а сам процесс смешения протекает в топочной камере котлоагрегата, или может начинаться на выходе из газогорелочного устройства, а заканчиваться уже в топке котла.

Инжекционная или, как ее еще называют, атмосферная горелка состоит из сопла, смесителя, горелочной насадки, на выходе которой установлено стабилизирующее устройство.

Сопло горелки необходимо для подачи нужного количества газа, иногда и воздуха, в смеситель горелки с определенной скоростью. Расположение сопел горелки должно быть организовано таким образом, чтобы не возникало проскока пламени, и не происходило снижение коэффициента инжекции. Отсутствие этих показателей может быть достигнуто расположением сопел строго по оси горелки.

Смеситель горелки представляет собой входной патрубок (конфузор), камеру смешения и диффузор.

Конфузор необходим для направления инжектируемого воздуха, способствует при этом уменьшению гидравлических потерь. Так как потери напора практически не зависят от формы конфузора, то чаще всего его принимают конической формы.

Камера смешения газовой горелки необходима для выравнивания скорости газовой смеси перед диффузором. Также путем экспериментальных исследований установлено, что в камере смешения выравнивается концентрация газовой смеси. Целесообразнее всего изготавливать камеры смешения, слегка суживающиеся или цилиндрической формы.

Диффузор необходим для того, чтобы увеличивать разрежение в камере смешения. Это увеличение способствует лучшей инжекции

воздуха, а также преобразует скоростной напор смеси в давление, которое необходимо для преодоления сопротивления огневой насадки. Помимо этого диффузор служит для выравнивания полей концентраций при образовании смеси из газа и воздуха. Диффузор должен иметь угол раскрытия не более  $90^\circ$ , при условии, что течение потока газовой смеси будет происходить без отрыва от его стен.

Подводя итог вышеизложенного можно сделать вывод о предназначениях смесителя в газогорелочном устройстве:

1. Обеспечивает смешение газа и инжестируемого воздуха из атмосферы;
2. Создает избыточное давление;
3. Создает необходимые скорости выхода смеси газа и воздуха.

Горелочная насадка служит для выравнивания скорости газовой смеси по сечению после диффузора. Горелочная насадка, которая имеет форму конфузора, будет выравнивать поле скоростей газовой смеси, а это в свою очередь предотвратит проскок пламени.

Стабилизаторы необходимы для устойчивого процесса горения, предотвращения проскока и отрыва пламени. По своей конструкции стабилизаторы бывают различных видов. Использование того ли иного вида зависит от характера распространения газовой смеси, а также предотвращение проскока или отрыва пламени [5].

К техническим характеристикам газогорелочных устройств относятся следующие физические величины:

1. Тепловая мощность, кДж/ч – это количество теплоты, которое выделяется при полном сгорании часового расхода природного газа, пройденного через газогорелочное устройство:

$$Q = Q_H \cdot V_T \quad (1)$$

Где  $Q_H$  – низшая теплоты сгорания газа, кДж/м<sup>3</sup>;

$V_T$  – расход газа м<sup>3</sup>/ч.

Различают максимальную, минимальную и номинальную тепловую мощность газогорелочного устройства.

Максимальная тепловая мощность – мощность, которая составляет 0,9 от той мощности, которую газовая горелка в верхнем пределе работы.

Минимальная тепловая мощность – мощность, которая определяет нижний предел работы газогорелочного устройства в устойчивом режиме, то есть с коэффициентом избытка воздуха равным 1,1.

Номинальная тепловая мощность – максимальная мощность, которая была достигнута при продолжительной работе газовой горелки с минимальным коэффициентом избытком воздуха, при химической неполноте сгорания не превышает установленных норм и требований.

2. Коэффициент избытка первичного воздуха  $\alpha_1$  – коэффициент, показывающий какую часть окислителя (воздуха) от теоретически необходимого для сгорания газа следует подать предварительно в газогорелочное устройство.

Первичный воздух – воздух, который подается в газогорелочное устройство.

В зависимости от того, как происходит смешение первичного воздуха и газа, коэффициент  $\alpha_1$  будет принимать разные значения:

– если  $\alpha_1 = 0$ , то газ будет подаваться в камеру сгорания без первичного воздуха, а смешение будет происходить в факеле пламени за счет диффузии с вторичным воздухом.

– если  $\alpha_1 < 1$ , то газ будет смешиваться с частью первичного (инжектируемого) воздуха и подаваться в камеру сгорания, а оставшаяся часть будет, с помощью диффузии, подводиться к амбразуре, после чего будет завершен процесс смешения в факеле пламени.

– если  $\alpha_1 \geq 1$ , то газ со всем инжекционным воздухом будет подаваться через газогорелочное устройство, а процесс смешения будет завершен еще до выхода смеси из амбразуры в топку.



– если  $\alpha_1 \geq 1$ , то газ со всем инжектируемым для горения воздухом, не успев перемешаться, подается на горение, а процесс смешения продолжается в факеле пламени.

3. Коэффициент избытка вторичного воздуха  $\alpha_2$  – коэффициент, показывающий какую часть окислителя (воздуха) от теоретически необходимого для сгорания газа необходимо подвести к пламени.

Вторичный воздух – воздух, который подается для горения из топочного пространства газогорелочного устройства.

4. Кратность инъекции  $n$  – коэффициент, показывающий объемное количество первичного воздуха, подсасываемого газовой горелкой, к объемному расходу газа.

5. Коэффициент рабочего регулирования  $k_{р.р}$  – коэффициент, показывающий отношение номинальной тепловой мощности к минимальной.

6. Коэффициент предельного регулирования  $k_{п.р}$  – коэффициент, показывающий отношение максимальной тепловой мощности к минимальной. По-другому этот коэффициент называют диапазоном устойчивой работы горелки. Такой диапазон показывает пределы устойчивой и безопасной работы газогорелочного устройства.

7. Давление воздуха и газа перед горелкой  $p$ , Па – давление, которое соответствует тепловой мощности газогорелочного устройства. Соответственно бывает максимальным, минимальным и номинальным.

8. Номинальная относительная длина факела пламени – это расстояние по оси факела пламени от выходного отверстия газогорелочного устройства.

9. Давление в камере сгорания  $p$ , Па – давление непосредственно в камере сгорания в месте выходного сечения газогорелочного устройства при номинальной тепловой мощности.

10. Удельная металлоёмкость  $m$ , кг/кВт – отношение массы газогорелочного устройства к ее номинальной мощности.

11. Шумовая характеристика – уровень звукового давления, который создается при работе газогорелочного устройства в зависимости от спектра частот [4].

Помимо основных технических характеристик газогорелочных устройств, существуют уточняющие параметры, так называемые дополнительные характеристики:

- диаметр газового сопла;
- выходное отверстие горелки;
- допустимая температура газа;
- допустимая температура воздуха;
- теплота сгорания газа;
- плотность сжигаемого газа;
- угол раскрытия факела;
- способ стабилизации горения;
- интенсивность крутки;
- геометрические размеры горелки.

Газогорелочные устройства можно классифицировать по различным признакам, таким как:

- теплота сгорания газа;
- теплопроизводительность;
- давление воздуха;
- давление газа;
- способы подачи газообразного топлива и окислителя;
- длина факела пламени;
- эффективность теплоотдачи факела пламени;
- организация смешения газа и окислителя;
- характеристика потока газа и окислителя;
- метод смешения газа и окислителя;

– цели применения[6].

Такая классификация газогорелочных устройств носит поверхностный характер. Более полная классификация будет складываться из следующих параметров:

1. Давление газа.
2. Относительное количество первичного воздуха.
3. Процесс смешения газообразного топлива с первичным воздухом.
4. Характер факела пламени.
5. Длина факела пламени.
6. Теплопроизводительность горелочного устройства.
7. Конструкция.

### **Выводы**

Анализ литературных данных показал, что технические характеристики современных газогорелочных устройств весьма многообразны и включают в себя, как конструктивные характеристики, так и хорошее сжигание топлива и носят разносторонний характер. Для организации более эффективного применения газогорелочных устройств недостаточно стандартной классификации и существует необходимость в доработке, и предоставлении более полных показателей работы газогорелочных устройств.

### **Список используемых источников**

1 Кузнецов Е. П., Новикова О. В., Дяченко А. С. Экономика и управление энергосбережением. СПб.: Изд-во Политехнического у-та, 2010. 591с.

2 СНиП 42-01-2002. Газораспределительные системы.

3 СП62.13330.2011. Газораспределительные системы.

Актуализированная редакция.

4 Стаскевич Н. Л., Северинец Г. Н., Вигдорчик Д.Я. Справочник по газоснабжению и использованию газа. Л.: Недра, 1990. 726 с.

5 Ионин А. А. Газоснабжение. М.: Стройиздат, 1975. 439 с.

6 Рогозин А. С. Бытовая аппаратура на газовом, жидком и твердом топливе. Л.: Недра, 1982. 303 с.

7 ФЗ № 261 от 23.11.09 «Об энергосбережении и повышении энергетической энергоэффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

### References

1 Kyznetsov E.P., Novikova O.V., Dyachenko A. S. Ekonomika i upravlenie energosberegheniem. SPb.: Idatelstvo Politekhnicheskogo u-ta. 2010, 591 s [in Russian].

2 SNiP 42-01-2002. Gazoraspredeletelnye sistemy [in Russian].

3 SP 62.13330.2011. Gazoraspredeletelnye sistemy. Aktyalizirovannay Redakziy. [in Russian].

4 Staskevich N. L. Severinets G. N., Vigdorichik D. YA. Spravochnik po gazosnabzheniyu i ispolzovaniyu gaza. L.: Nedra, 1990. 726 s. [in Russian].

5 Ionin A. A. Gazosnabzhenie – M.: Stroyzdat, 1975. 439 s. [in Russian].

6 Rogozin A. S. Bytovaya apparatura na gazovom, zhidkom i tverdom toplive. L.: Nedra, 1982. 303 s. [in Russian].

7 FZ № 261 ot 23.11.09 «Ob energosberezenii I o vnesenii izmenenii v otdelnye zakonodatelnye akty PF. [in Russian].

## **Сведения об авторе**

### **About the author**

Нефёдова М.А., старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции, аспирант, ФГБОУ ВПО СПбГАСУ, г. Санкт–Петербург, Российская Федерация

M.A. Nefedova, Senior Lecturer of the Chair of Heat and Ventilation, Graduate student, FSBEI HPE SPbGASU, Saint–Petersburg, the Russian Federation

e–mail: ssgasu@mail.ru