

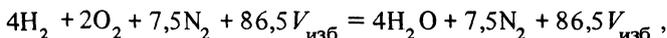
В.А. КОВАЛЕВ, С.В. СОМОВА, Н.Н. САПУН,
канд-ты техн. наук (БПИ),
Ю.А. ЦЕРЕРИН (ПО "Союзхимпромэнерго"),
В.В. МАЙОРОВ (ВПО "Каустик")

ВОЗМОЖНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ СБРОСНОГО ВОДОРОДА НА ВОЛГОГРАДСКОМ ПО "КАУСТИК"

При производстве каустической соды в процессе электролиза выделяется свободный водород, значительная часть которого на предприятиях химической промышленности выбрасывается в атмосферу. Для утилизации этого водорода целесообразно использовать его в качестве топлива в котельных и технологических топках.

Водород как топливо значительно отличается от других горючих газов, в частности от метана — основной части горючего газа. Низшая теплотворная способность водорода $Q_H^P = 2580$ ккал/нм³, плотность $\rho_{H_2} = 0,09$ кг/нм³. Водород относится к газам с повышенной взрывоопасностью (интервал взрываемости при 20 °С 18,3...74 %). Он обладает большой диффузионной способностью, текучестью и высоким для газов коэффициентом теплопроводности. Пределы воспламенения водорода в смеси с воздухом составляют 4...74 % (для метана 5...15 %), что в пересчете на коэффициент избытка воздуха α равно 10...0,15.

На нижней границе воспламенения при содержании 4 % H₂ в газовой смеси уравнение горения водорода можно записать:



где $V_{изб}$ — избыточное содержание воздуха в газовой смеси. При этом объем водородно-воздушной смеси превышает объем стехиометрической смеси в 7,4 раза: $100/(100 - 86,5)$. Жаропроизводительность водорода 2235 °С. При его сжигании по рассматриваемому уравнению калориметрическая температура горения должна быть примерно в 7 раз ниже жаропроизводительности, т. е. около 300 °С. Следовательно, воспламенение и горение водорода может происходить при низких температурах.

Важным показателем, который следует учитывать при сжигании водорода в горелочных устройствах, является высокая скорость распространения пламени: 250 м/с при 20 °С (для метана 35 м/с).

Перечисленные особенности горения водорода обуславливают определенные требования к выбору горелочных устройств при использовании водорода в качестве топлива.

Рассмотрим основные производства волгоградского ПО "Каустик", где происходит сброс водорода в атмосферу, и определим расход водорода, который целесообразно утилизировать в качестве топлива для котельных и технологических агрегатов.

Сбросной водород образуется в производствах хлора и каустика (ХИК) ртутным и диафрагменным методами и методом электролиза соляной кислоты. Частично водород используется в технологии для производства соляной

кислоты. При определении возможности использования сбросного водорода в качестве горючих ВЭР необходимо учитывать то количество H_2 , которое в настоящее время сбрасывается в атмосферу.

В цехе производства ХИК ртутным методом выброс водорода в атмосферу составляет $2000 \text{ м}^3/\text{ч}$. При утилизации этого водорода в качестве горючих ВЭР при теплотворной способности водорода $Q_{H_2}^P$, равной $2500 \text{ ккал}/\text{нм}^3$, выработка тепловой энергии $Q_{ВЭР}$ составит $Q_{H_2}^P \cdot V_{H_2}$, или $2000 \cdot 2500 \cdot 10^{-6} = 5,0 \text{ Гкал}/\text{ч}$. Годовая утилизация теплоты $Q_{ВЭР}^{\text{год}}$ за счет использования водорода (при работе водородовыделяющего оборудования $8520 \text{ ч}/\text{год}$) составит $5,0 \cdot 8520 = 42600 \text{ Гкал}/\text{год}$, что эквивалентно сокращению расхода условного топлива B на $0,143 Q_{ВЭР}^{\text{год}} \eta_{\text{исп}}$: $42600 \cdot 0,143 \cdot 0,75 = 4570 \text{ т}/\text{год}$.

В производстве ХИК диафрагменным методом сбросной газ, содержащий водород, имеет следующий состав: 35 % H_2 , 65 % H_2O . Причем постоянный сброс газа равен 1230 и периодический (8 ч в сутки) — $17220 \text{ м}^3/\text{ч}$. Среднечасовой выход ВЭР в виде водорода V_{H_2} в этом случае равен: $(1230 + 17220/24 \cdot 8) \cdot 0,35 = 2440 \text{ м}^3/\text{ч}$. Годовая утилизация тепла $Q_{ВЭР}^{\text{год}}$ составит $2440 \cdot 2500 \cdot 10^{-6} = 6,1 \text{ Гкал}/\text{ч}$. Экономия топлива (условного) при утилизации H_2 — $5580 \text{ т}/\text{год}$.

В производстве хлора электролизом соляной кислоты при среднегодовой (фактической) выработке хлора $8000 \text{ т}/\text{год}$ и выходе свободного водорода $320 \text{ нм}^3/\text{т}$ хлора количество ВЭР в виде водорода V_{H_2} будет равно: $8000 \times 320/8520 = 300 \text{ нм}^3/\text{ч}$, что эквивалентно выработке тепловой энергии $Q_{ВЭР} = 0,75 \text{ Гкал}/\text{ч}$, а экономия топлива (условного) при этом — $685 \text{ т}/\text{год}$.

Таким образом, при использовании сбросного водорода в качестве горючих ВЭР на волгоградском ПО "Каустик" выработка теплоты $Q_{ВЭР}^{\text{год}}$ составит $100990 \text{ Гкал}/\text{год}$. При этом может быть достигнута экономия топлива (условного) $10835 \text{ т}/\text{год}$.

Ряд организаций, в том числе ПО "Союзхимпромэнерго", провели работы по использованию в котельных, оборудованных типовыми котлами, сбросного водорода вместо природного газа.

Рассмотрим возможность использования сбросного водорода на волгоградском ПО "Каустик" для выработки пара в котельной, оборудованной типовыми котлами ДКВР-10/13.

Количество пара, которое может быть выработано в котельной при использовании в качестве топлива сбросного водорода (продувкой при расчете пренебрегаем), определим из выражения $D = Q_{ВЭР}/(i_{п.в} - i_{п.г}) = 49,65 \times 10^6 \cdot 4,19/(2780 - 608) = 22860 \text{ кг}/\text{ч} = 22,86 \text{ т}/\text{ч}$.

Таким образом, теплоты сбросного водорода достаточно для выработки пара в количестве $20 \text{ т}/\text{ч}$, или, другими словами, для утилизации сбросного водорода можно использовать котельную, оборудованную двумя рабочими котлами ДКВР-10/13 и одним резервным.

Исходя из имеющегося опыта ПО "Союзхимпромэнерго", в качестве горелочного устройства для сжигания водорода в условиях ВПО "Каустик" рекомендуется использовать горелку ГМГБ-5,6, которая хорошо работает на смеси водорода с природным газом [1] и прошла стендовые испытания при работе на сбросном водороде. Горелка состоит из лопаточного завихрителя

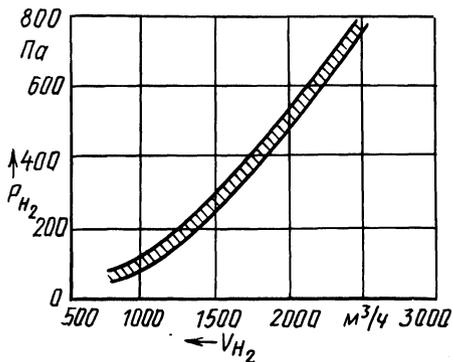


Рис. 1. Расходная характеристика горелки ГМГБ-5,6 по воздуху.

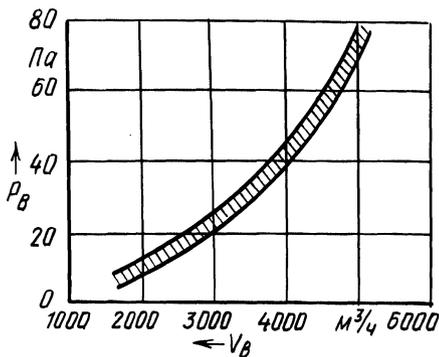


Рис. 2. Расходная характеристика горелки ГМГБ-5,6 по водороду.

тангенциального типа с профильными поворотными лопатками, газораздающей части и воздушного короба. Мазутная часть из горелки удалена.

Произведем ориентировочный расчет параметров горелки при исходных паспортных данных: номинальном расходе природного газа $V_{п.г} = 660 \text{ м}^3/\text{ч}$; номинальном расходе воздуха $V_{в} = 6600 \text{ м}^3/\text{ч}$; номинальном давлении газа $p_{п.г} = 450 \text{ кг}/\text{м}^2$; номинальном давлении воздуха $p_{в} = 120 \text{ кг}/\text{м}^2$.

Поскольку низшая теплота сгорания природного газа $Q_{н.п.г}^p$ равна $8500 \text{ ккал}/\text{м}^3$, а водорода $2580 \text{ ккал}/\text{м}^3$, теоретический объем воздуха для сжигания природного газа $V_{п.г}^o$ будет $9,5 \text{ м}^3/\text{м}^3$, водорода $2,38 \text{ м}^3/\text{м}^3$. Плотность природного газа $\rho_{п.г}$ при нормальных условиях $0,73 \text{ кг}/\text{м}^3$, водорода — $0,09 \text{ кг}/\text{м}^3$. Тогда номинальный расход водорода составит: $V_{п.г} \cdot Q_{н.п.г}^p / Q_{н\text{H}_2}^p = 660 \cdot (8500/2580) = 2175 \text{ м}^3/\text{ч}$; номинальный расход воздуха для сжигания водорода ($\alpha = 1,05$) $V_{\text{H}_2} \cdot \alpha \cdot V_{\text{H}_2}^o = 2175 \cdot 1,05 \cdot 2,38 = 5430 \text{ м}^3/\text{ч}$; номинальное давление водорода (при тех же соплах) $p_{п.г} \cdot \rho_{\text{H}_2} \cdot V_{\text{H}_2}^2 / \rho_{п.г} \cdot V_{п.г} = 450 \cdot 2175^2 \times 0,09/660^2 \cdot 0,73 = 602 \text{ кг}/\text{м}^2$; номинальное давление воздуха $(p_{в} \cdot (V_{в}^{\text{H}_2})^2) / V_{в}^2 = 120 \cdot 5430^2 / 6600^2 = 81 \text{ кг}/\text{м}^2$.

На основании этого расчета построены расходные характеристики горелки по воздуху (рис. 1) и водороду (рис. 2).

Для сравнительной оценки работы котла ДКВР-10/13 был проведен тепловой расчет котельного агрегата на двух видах топлива: природном газе Саратовского месторождения и водороде. В результате расчета выявлено: при паропроизводительности котла $10 \text{ т}/\text{ч}$ при работе на водороде температуры на выходе из топки и на выходе из конвективной части остаются такими же, как и при сжигании природного газа.

Таким образом, применение сбросного водорода в качестве топлива для котлоагрегата ДКВР-10/13 не требует дополнительной реконструкции котла. Коэффициент полезного действия при этом остается одинаковым.

1. Х а р а з Д.И., П с а х и с Б.И. Пути использования вторичных энергоресурсов в химических производствах. – М.: Химия, 1984. – 224 с.

УДК 621.91

Н.И. ШКОДА, канд. техн. наук (БПИ)

ВОЗМОЖНОСТИ РАСШИРЕНИЯ РЕГУЛИРОВОЧНОГО ДИАПАЗОНА ТЭС ПРИ ЕЕ РЕКОНСТРУКЦИИ

Возрастание числа агрегатов ТЭС (включая энергоблочное оборудование), отработавших свой расчетный ресурс времени, остро ставит проблему их дальнейшего использования. В энергетической программе СССР на длительную перспективу определены необходимые объемы подлежащего замене энергетического оборудования. Однако министерствами энергетики и электрификации СССР и энергетического машиностроения СССР не определены типы энергетического оборудования, которое должно вводиться в период 1990–2000 гг. и обеспечивать эффективную замену демонтируемого [1].

Разработанное и выпускаемое отечественными энергомашиностроительными заводами оборудование для ТЭС не отвечает возросшим требованиям маневренности. Прежде всего не обеспечивается эффективная замена отработавшего установленный срок оборудования ТЭС, которое выполняет функции маневренных электростанций. Очевидно, при реконструкции и модернизации морально устаревших, но пригодных к дальнейшей эксплуатации (после небольшого восстановительного ремонта отдельных деталей) турбин необходимо добиваться значительного расширения регулировочного диапазона работы станции.

Тенденция к продлению эксплуатационной кампании ТЭС, отработавших расчетный ресурс времени, соответствует наметившемуся в мире изменению взгляда на их срок службы (50...60 лет вместо ранее установленного 20...30 лет). Следует также учесть, что значительная доля намеченного к реконструкции и модернизации энергооборудования представляет собой типовые теплофикационные или конденсационные турбоагрегаты, переведенные на теплофикационный режим работы.

Таким образом, в большинстве случаев поставлен вопрос о реконструкции, модернизации или выводе из эксплуатации устаревшего теплофикационного оборудования ТЭС, обеспечивающего выработку электроэнергии по теплофикационному циклу с удельным расходом топлива 0,15...0,16 кг у.т./(кВт·ч), что в 2 раза ниже, чем на конденсационных энергоблоках с закритическими параметрами пара. Причем на опыте видно, что ТЭС, модернизированные в ТЭЦ, расположены в центре потребления тепловых и электрических нагрузок, имеют развитую мощность пиковых водогрейных котлов (ПВК) и еще длительное время (даже после ввода замещающих их мощностей на АЭС) остаются резервом тепловых и электрических мощностей.

Проведенные исследования показывают, что ТЭЦ, совмещенные с крупными водогрейными котельными, можно дополнить электротоплами, кото-