

ЭНЕРГЕТИКА

Л. Т. КУЛОЯН, Л. С. ОГАНЕСЯН

К ВОПРОСУ ОБ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ
 СИНТЕЗ-ГАЗА

В процессе получения ацетилена из природного газа одновременно в качестве газового отхода получается горючий газ или, как принято называть, синтез-газ. По данным Ереванского завода СК синтез-газ имеет следующий состав: $H_2=59,64\%$, $CO=28,12\%$, $CH_4=5,43\%$, $CO_2=4,33\%$, $(N_2+Ar)=1,74\%$, $C_2H_4=0,33\%$, $C_2H_2=0,2\%$, $O_2=0,21\%$.

Выход синтез-газа на 1 т ацетилена составляет порядка 100(х) м³. В связи с освоением новой технологии производства ацетилена на базе природного газа ожидается значительное увеличение выхода синтез-газа. Однако в ближайшей и, вероятно, даже в дальней перспективе химическая промышленность вряд ли сумеет полностью реализовать (в качестве химического сырья) переработку всей массы этого газа. Вероятно, значительная часть синтез-газа будет использована в качестве топлива.

Насколько авторам известно у нас в стране не имеется опыта сжигания синтез-газа. На основании теплотехнических расчетов в статье делается попытка оценки синтез-газа как горючего и предлагаются пути его использования.

В табл. 1 приведены вычисленные авторами теплотехнические характеристики синтез-газа, а также для природного газа и мазута Азербайджанских месторождений.

Таблица 1

Наименование величины	Обозначение	Природный газ $\frac{ккал}{м^3}$	Синтез-газ $\frac{ккал}{м^3}$	Мазут малосернистый $\frac{ккал}{кг}$
Нижшая теплота горения	$Q_{н}^0$	7960	2920	9310
Теоретически необходимый для горения объем воздуха	V^0	8,7	2,68	10,3
Теоретический объем водяных паров	$V_{H_2O}^0$	2,0	0,77	1,34
Теоретический объем продуктов горения	V_r^0	9,92	3,29	11,1

* $м^3$ — для газообразного топлива, $кг$ — для жидкого.

Как и следовало ожидать, для горения низкокалорийного синтез газа требуется меньшее количество воздуха. Соответственно более, чем в три раза по сравнению с природным газом и мазутом сокращается выход продуктов сгорания.

Для оценки эффективности сжигания топлива важное значение имеет жаропроизводительность последнего [1], т. е. максимально возможная температура, развиваемая при полном сгорании топлива в теоретически необходимом для горения количестве воздуха без подогрева воздуха и топлива. Максимальная возможная температура может быть вычислена по формуле:

$$t_{\max} = \frac{Q_H}{V_{\text{RO}_2} C_{\text{RO}_2} + V_{\text{H}_2\text{O}} C_{\text{H}_2\text{O}} + V_{\text{N}_2} C_{\text{N}_2}}, \quad (1)$$

где $V_{\text{RO}_2} = V_{\text{CO}_2} + V_{\text{SO}_2}$ — суммарный объем двуокиси углерода и сернистого газа в $\text{м}^3/\text{кг}$ или $\text{м}^3/\text{м}^3$;

$V_{\text{H}_2\text{O}}$ — объем водяных паров в $\text{м}^3/\text{м}^3$ или $\text{м}^3/\text{кг}$;

V_{N_2} — объем азота;

C_{RO_2} , $C_{\text{H}_2\text{O}}$, C_{N_2} — соответственно средние объемные теплоемкости в интервале от 0° до $t_{\max}$.

Значения $t_{\max}$, определенные методом последовательного приближения на основании (1), приведены в табл. 2. Из таблицы видно, что жаропроизводительность для синтез газа выше, чем у природного газа (на 104°C) и мазута (на 60°C). Это можно объяснить относительно малой величиной объема продуктов горения, выделяемых при сжигании синтез газа. Высокая жаропроизводительность синтез газа объясняется большим содержанием водорода.

Для проектирования, выбора и эксплуатации горелочных устройств необходимо знание концентрационных пределов воспламенения и скорости распространения пламени. Пределы воспламенения (верхний и нижний) по концентрации горючей смеси можно определить, пользуясь известной формулой Ле-Шателье [2]

$$L_r = \frac{r_1 + r_2 + r_3 + \dots}{\frac{r_1}{L_1} + \frac{r_2}{L_2} + \frac{r_3}{L_3} + \dots}, \quad (2)$$

где r_1 , r_2 , r_3 — процентные содержания компонентов в горючей смеси;

L_1 , L_2 , L_3 — верхний и нижний пределы воспламенения по концентрации для смеси данного компонента с воздухом.

С учетом балластных примесей окончательные пределы воспламенения уточняются по выражению:

$$L_0 = L_1 \frac{\left(1 + \frac{z}{1-z}\right) \cdot 100}{100 + L_1 \frac{z}{1-z}}, \quad (3)$$

где L — предел воспламенения (верхний или нижний) газовой смеси, содержащей балластные примеси;

$\bar{b}$ — содержание балластных примесей в долях единицы.

Горение горючих газов, представляющих собой сложные смеси простых газов, можно рассматривать как одновременное и независимое горение нескольких простых смесей индивидуальных (элементарных) газов с воздухом. Согласно этому положению, скорость распространения пламени для смеси сложного газа с воздухом, обладающей максимальной скоростью распространения пламени, можно определить по формуле:

$$U = L \frac{\frac{r_1 u_1}{l_1} + \frac{r_2 u_2}{l_2} + \frac{r_3 u_3}{l_3} + \dots}{r_1 + r_2 + r_3 + \dots} \quad (4)$$

где U — максимальная скорость распространения пламени сложной газозоудушной смеси (м/сек);

L — содержание сложного газа в смеси, дающей максимальную скорость распространения пламени, в процентах;

r_1, r_2, r_3 — содержание простых газов в техническом газе, в процентах;

u_1, u_2, u_3 — максимальные скорости распространения пламени простых газов в газозоудушной смеси в м/сек;

l_1, l_2, l_3 — содержание простых газов в смеси с воздухом, дающее максимальную скорость распространения пламени, в процентах.

При забалластировании газа азотом и углекислотой снижение скорости распространения пламени учитывается поправочным коэффициентом [3]

$$\alpha = \frac{100 - N_2 - 1,2 CO_2}{100} \quad (5)$$

Действительная скорость распространения пламени будет:

$$U_c = \alpha \cdot U \quad (6)$$

Соответствующие данные расчета, выполненные согласно выражениям (1) — (6), приведены в табл. 2.

Таблица 2

Наименование величин	Размерность	Простой газ	Синтез газ	Минут
Жаропроизводительность топлива	С	1894	2160	2100
Пределы воспламенения:				
нижний	$\frac{H_2}{\%}$	5,4	5,25	—
верхний	$\frac{H_2}{\%}$	16,4	9	—
Скорость распространения пламени	м/сек	0,62	3,18	—

Как видно из табл. 2, нижние концентрационные пределы воспламенения для природного и синтез газа имеют почти одинаковые значения. Верхний концентрационный предел для синтез газа по сравнению с природным газом значительно выше. Эти данные вполне закономерны и отражают прямое влияние основных горючих компонентов сравниваемых газосодержащих смесей: метана и водорода. Для последних, согласно [2], нижние пределы воспламенения равны $4-7\%$, а верхние $15-74\%$.

Таким образом, в отличие от природного газа воспламенение смесей синтез газа с воздухом возможно в значительно более широком диапазоне концентраций (особенно, в сторону богатых смесей). Низкая вязкость содержащих водород смесей скорости распространения пламени для синтез газа почти в пять раз больше, чем у природного газа, что объясняется весьма высокой теплопроводностью водорода по сравнению с другим горючим газом.

Недостаточный учет скорости распространения пламени может привести к нарушению нормального режима работы горелок и снижению их к.п.д., а иногда даже к преждевременному выходу горелок из строя.

Отдельное сжигание синтез газа в топках и печах окажется затруднительным из-за его низкой теплотворности (теплоты горения) и большой скорости распространения пламени.

Низкая калорийность синтез газа не может сильно влиять на увеличение габаритов газогорелочного устройства, так как для его горения требуется значительно меньше воздуха (табл. 1), а большие скорости распространения пламени потребуют соответственно увеличить скорость выхода газозооушной смеси из горелки.

Перспективным является совместное сжигание природного газа с синтез газом. При этом технология сжигания может базироваться на двух различных принципах:

а) сжигание каждого газа осуществляется раздельно соответствующими горелками, расположенными по ярусам топочного устройства. Очевидно, такой принцип сжигания возможно реализовать только в мощных энергетических котлах;

б) сжигание обоих газов осуществляется после их смешивания. Расчеты показали, что наиболее оптимальных параметров горения можно добиться при их смешивании в пропорции 1:1.

Основные величины, характеризующие теплоценность и процесс горения такой смеси, имеют следующие значения:

низшая теплота горения — 5410 ккал/м^3 ;

теоретический объем воздуха для горения — $5,7 \text{ м}^3/\text{м}^3$;

теоретический объем продуктов горения — $6,6 \text{ м}^3/\text{м}^3$;

жаропродолжительность — 2040 с ;

пределы воспламенения — $5,3$ и $26,4\%$;

скорость распространения пламени — $1,17 \text{ м/сек}$.

Как по калорийности, так и по ожидаемому температурному уровню горения и скорости распространения пламени, смесь синтез газа с природным газом окажется более приемлемой, чем отдельное сжигание синтез газа.

Смешивание горючих можно осуществить как в самих горелках, так и вне их централизованным порядком.

В том и другом случае его осуществление вряд ли будет связано с большими трудностями.

С увеличением доли синтез газа в смеси теплоты сгорания последней будет снижаться, а концентрационные пределы воспламенения будут расширяться. При необходимости регулирования как топливного режима котельной (или печи), так и паропроизводительности (или теплопроизводительности печи) можно осуществить, кроме всего прочего, изменением соотношения в смеси обоих горючих газов. В определенном диапазоне этого соотношения работа котельной топки или промышленной печи окажется надежной и устойчивой.

Нормальная работа топливосжигающих установок в первую очередь зависит от режима и надежности топливоснабжения. В этом смысле наиболее важным является поддержание заданного режима поступления синтез газа к топливосжигающим установкам. Не менее важным является также поддержание состава газа в заданных пределах.

Вопросы рационального использования синтез газа актуальны особенно для Армянской ССР, где внедрение новой технологии производства ацетилена сопровождается выходом все возрастающей массы синтез газа.

В настоящее время завершаются практические мероприятия для использования синтез газа в котлах Ереванской ТЭЦ. В дальнейшем это горючее найдет применение и в других топливосжигающих установках, территориально близко расположенных к объектам производства ацетилена.

Как известно, в течение большей части года Ереванская ТЭЦ работает на бакинском мазуте. Поскольку нам известно, еще не имеется опыта совместного сжигания мазута и синтез газа. Поэтому использование синтез газа в этих котлах будет сопровождаться, видимо, с некоторыми трудностями. Для своевременного осуществления всех практических мероприятий, связанных с эффективным использованием синтез газа в качестве топлива, необходимо уже сейчас приступить к интенсивному изучению всего комплекса вопросов, связанных с его сжиганием: режим выхода синтез газа; возможные пределы изменения его состава; транспорт и распределение синтез газа; технические аспекты предварительного смешивания синтез газа с другими видами топлива; вопросы техники безопасности при транспорте и использовании этого газа, связанные с большим содержанием водорода и др.

Լ. Տ. ՂՈՒԼՈՅԱՆ, Լ. Ս. ՀՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ

ՍԻՆԹԵԶ ԴԱՋԻ ԷՆԵՐԳԵՏԻԿ ՕԴՏԱԿՈՐԾՄԱՆ ՀԱՐՑԻ ՇՈՒՐՋՐ

Ա. մ փ ո փ ու ռ

Բնական գազի հիման վրա ացեռիլենի արտադրության նոր տեխնոլոգիայի ներդրման կապակցությամբ խիստ կարևոր է կողմնակի ելանյութ հանդիսացող սինթեզ գազի օգտագործման հարցի լուծումը:

Ջերմատեխնիկական հաշվարկները հիման վրա հողվածում արվում է սինթեզ գազի զնահատականը որպես վառելիքի և բննարկվում է նրա օգտագործման առավել նպատակահարմար ուղիները:

Հնդհանրացնելով ստացված արդյունքները, նեղիները նաեզում են ներակացություն, որ այրման ցածր ջերմության ու բոցի տարածման մեծ արագության պատճառով սինթեզ գազի այրումը կապված է զգալի ղծվարությունների հետ: Ավելի նոսանկարային է սինթեզ գազի և բնական գազի համատեղ այրումը, որը կարող է իրականացվել երկու նշանակով. ա) յուրաքանչյուր գազի այրումն իրականացվում է մյուսից անհատ և բ) երկու գազերի այրումն իրականացվում է նրանց նախապես խառնելուց հետո: Հաշվարկները ցույց են տալիս, որ ավելի նպատակահարմար է սինթեզ գազի և բնական գազի 1:1 հաբաբերությամբ խառնուրդի այրումը:

Հողվածում ղվարկված են այն հիմնական խնդիրները, որոնց լուծումը կապաիովի սինթեզ գազի այրման բարձր արդյունավետությունը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Равич М. Б. Упрощенная методика теплотехнических расчетов. М., 1961.
2. Кнорре Г. Ф. Топочные процессы. Госэнергоиздат, 1951.
3. Стаскович Н. Л. Газоснабжение городов. Госэнергоиздат, т. I, II, 1954.
4. Хитрин Л. Н. Теория горения и взрыва. Изд. МГУ, 1957.
5. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод). Госэнергоиздат. 1957.