



Б. Н. Вишнеvский, Г. П. Войтковский,  
Т. О. Капустина, А. А. Щербаков

Государственное предприятие  
«Украинский государственный институт  
по проектированию металлургических  
заводов», г. Днепро, Украина  
ПАО «Металлургический комбинат  
«Запорожсталь», г. Запорожье, Украина

А. С. Лебедев

## Проектирование газосмесительных станций металлургических предприятий

B. N. Vishnevskij, G. P. Vojtkovskij,  
T. O. Kapustina, A. A. Shcherbakov  
A. S. Lebedev

State-owned Ukrainian Institute for Designing Iron  
and Steel Works, Dnipro, Ukraine  
PJSC «Zaporozhstal Steel Plant», Zaporozhye,  
Ukraine

## Engineering for Gas Mixing Stations at Steel Plant

**Цель.** Анализ целесообразности строительства и технико-экономической эффективности газосмесительных станций вторичных горючих газов металлургического производства для экономии природного газа.

**Методика.** Проектные проработки и расчетные исследования.

**Результаты.** Показана конкретная величина экономии природного газа для реального объекта.

**Научная новизна.** Схема газосмесительной станции для трех газов.

**Практическая значимость.** Использование полученных данных в реальном проектировании. (Ил. 5. Табл. 1. Библиогр.: 2 назв.)

**Ключевые слова:** проектирование, газосмесительная станция, вторичные горючие газы, природный газ, технико-экономические показатели.

**Постановка проблемы.** В связи с необходимостью полного использования низкокалорийных вторичных горючих газов (ВГГ), например доменного, применяются газосмесительные станции (ГСС). Теплота сгорания доменного газа (ДГ) колеблется от 2931 до 3977 кДж/нм<sup>3</sup> (от 700 до 950 ккал/нм<sup>3</sup>).

Организовать работу топливопотребляющих агрегатов с номинальной производительностью, а также требуемой температурой нагрева металла на одном ДГ из-за вышеуказанной низкой теплоты его сгорания практически не представляется возможным. Поэтому применяются смеси ДГ с природным (теплота сгорания 33494 кДж/нм<sup>3</sup> или 8000 ккал/нм<sup>3</sup>), коксовым (соответственно 16747 кДж/нм<sup>3</sup> и 4000 ккал/нм<sup>3</sup>) и конвертерным (7432 кДж/нм<sup>3</sup> и 1775 ккал/нм<sup>3</sup>) газами.

**Цель.** В условиях ПАО «МК «Запорожсталь» поставлена задача экономии природного газа (ПГ) путем максимального использования ВГГ в качестве топлива для нагревательных печей литейно-прокатных модулей (ЛПМ).

**Изложение основного материала.** В настоящей статье рассмотрены вопросы проектиро-

вания ГСС, расчет состава смеси, схемы, компоновки и технико-экономические показатели для конкретного примера двух ЛПМ в составе МНЛЗ, нагревательной туннельной печи и листового прокатного стана производительностью по 2,5 млн т горячекатаных рулонов в год каждый. Проработки выполнялись на стадии «проект», которая примерно соответствует европейской стадии «basic engineering».

Используются доменно-природная, коксодоменная – двойные смеси или доменно-природно-конвертерная – тройная смесь.

Расход смеси и ее теплота сгорания обычно задаются при проектировании в исходных данных заводов-изготовителей теплопотребляющих агрегатов.

Приготовление смесей производится на ГСС, которые относятся к газовому хозяйству металлургического предприятия как части энергетического хозяйства (см. [1]).

В большинстве случаев расчет состава смеси выполняется, исходя из постоянства соотношений объемов смешиваемых газов.

При этом расчет двойной смеси, например доменно-природной, с определением количе-

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ

ства каждого компонента в процентах по объему производится по следующим формулам:

$$V_d = \frac{Q_{нп}^p - Q_{нсм}^p}{Q_{нп}^p - Q_{нд}^p} \cdot 100, \%$$

$$V_n = (100 - V_d), \%$$

где  $V_{см}$  и  $Q_{нсм}^p$  – расход и теплота сгорания смеси в  $\text{нм}^3/\text{ч}$  и  $\text{ккал}/\text{нм}^3$ ;  $V_d$  и  $Q_{нд}^p$ ,  $V_n$  и  $Q_{нп}^p$  – то же, для доменного и природного газов.

Для тройной смеси вначале готовится двойная доменно-конвертерная смесь в одной ГСС, а потом, в отдельной ГСС, в эту приготовленную смесь добавляется ПГ до получения заданной теплоты сгорания при известном расходе смеси. Расчет уже готовой смеси доменно-конвертерного газа и ПГ производится по аналогичным формулам. При этом обеспечивается экономия ПГ.

Проектирование ГСС регламентируется НПА ОП 27.1-1.09-09 «Правила охраны труда в газовом хозяйстве предприятий черной металлургии» (ведомственные правила) и НАПБ Б.03.002-07 «Нормы определения категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» (общегосударственные нормы).

ГСС согласно НАПБ Б.03.002-07 по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории  $A_n$  (наружные установки). В то же время согласно НПА ОП 27.1-1.09-09 наружные надземные трубопроводы, включая зоны у трубопроводной арматуры, клапанов, фланцевых соединений, контрольно-измерительных приборов и автоматики и др., при давлении газа на выходе до 15 кПа относятся к взрывобезопасным объектам.

При наличии противоречий в действующих на территории Украины нормах и правилах в проектную документацию закладываются технические решения, исходя из приоритета общегосударственных норм по сравнению с ведомственными. Поэтому в проектах ГСС следует, как правило, присваивать категорию  $A_n$  (наружные установки) по взрывопожарной и пожарной опасности в соответствии с НАПБ Б.03.002-07 (при этом необходимо выполнять проверку расчетного избыточного давления согласно этому же документу).

В [2] показано, что экономия от замены ПГ доменным наступает при цене ДГ ниже 14 грн/1000  $\text{нм}^3$ , при  $Q_{нд}^p = 4190 \text{ кДж}/\text{нм}^3$  (1000 ккал/ $\text{нм}^3$ ) или при цене ПГ выше 367 грн/1000  $\text{нм}^3$ , при  $Q_{нп}^p = 33520 \text{ кДж}/\text{нм}^3$  (8000 ккал/ $\text{нм}^3$ ). В настоящее время при цене ПГ около \$250/1000  $\text{нм}^3$  или  $250 \times 5 = 1250 \text{ грн}/1000 \text{ нм}^3$  (при курсе \$1=5 грн, который был во время

написания указанной статьи – 2005 г.), экономическая эффективность такой замены обеспечивается априори, и заказчики проектов металлургических агрегатов, цехов и комплексов ставят требование максимальной замены ПГ на ВГ.

Блок-схема снабжения газообразным топливом нагревательных печей двух ЛПМ приведена на рис. 1. Принципиальная схема ГСС для двойной смеси приведена на рис. 2, а для тройной – на рис. 3. Компоновки оборудования ГСС – открытые, и для двойной смеси – приведены на рис. 4 и 5. Техничко-экономические показатели приведены в табл. 1.

Как правило, ГСС располагаются на той же высоте, на которой проходят трубопроводы смешиваемых газов, т. е. выше габарита для проезда железнодорожного или автотранспорта. Над ГСС предусматриваются необходимые грузоподъемные средства. Под ГСС можно рас-

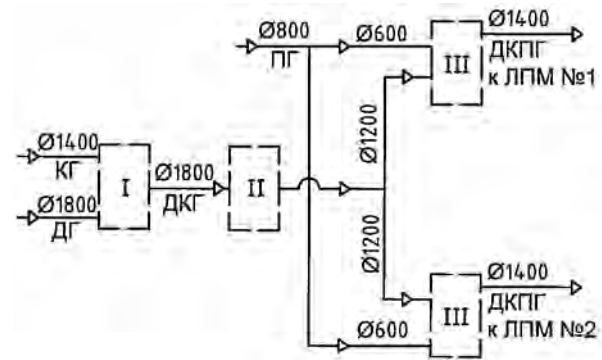


Рис. 1. Блок-схема снабжения газообразным топливом ЛПМ

I – ГСС ДКГ; II – газоповысительная станция; III – ГСС ДКПП; КГ – конвертерный газ; ДГ – доменный газ; ПГ – природный газ; ДКГ – доменно-конвертерный газ; ДКПП – Доменно-конвертерно-природный газ;  $\rightarrow$  – направление потока среды

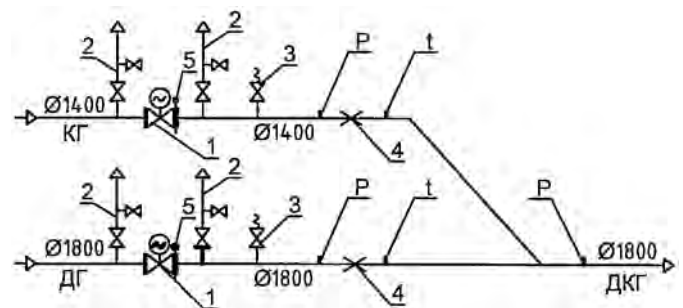


Рис. 2. Принципиальная схема ГСС ДКГ

1 – отключающая электрофицированная задвижка; 2 – продувочная свеча; 3 – вентиль для подачи пара/азота; 4 – расходомерное устройство; 5 – установка листовая заглушки; P – замер давления; t – замер температуры. Остальное – как на рис. 1

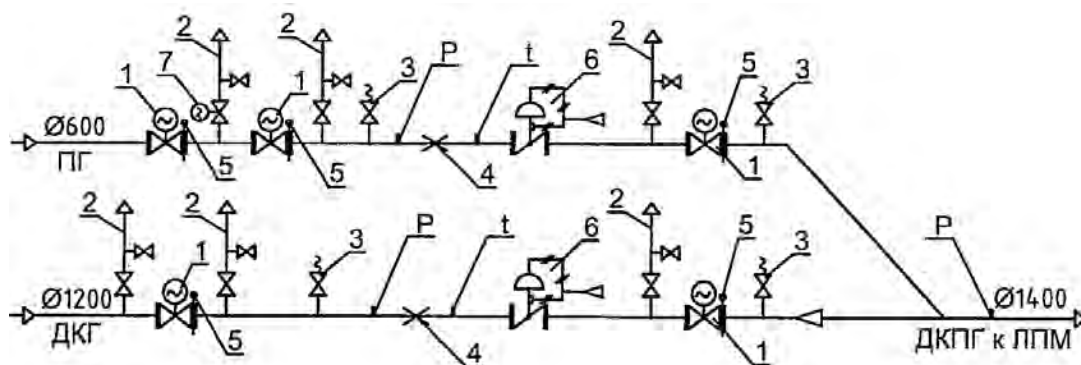


Рис. 3. Принципиальная схема ГСС ДКПГ

6 - клапан регулирующий; 7 - отключающая задвижка с электроприводом на свече сброса природного газа в атмосферу. Остальное - как на рис. 1

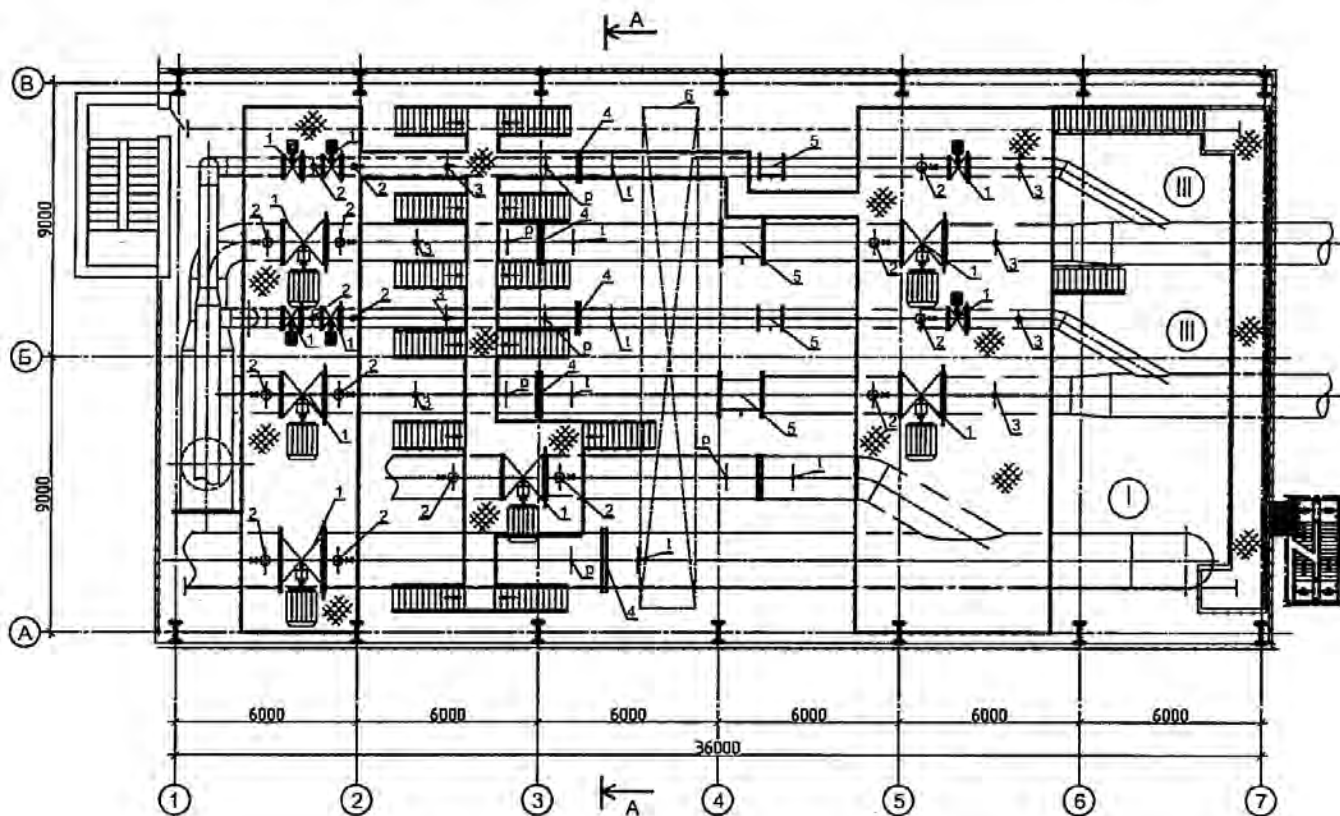


Рис. 4. Компонка оборудования ГСС. План

I - ГСС ДКГ; III - ГСС ДКПГ ЛПМ; 1 - отключающая электрофицированная задвижка; 2 - продувочная свеча; 3 - вентиль для подачи пара/азота; 4 - расходомерное устройство; 5 - регулирующий клапан; 6 - кран подвесной электрический однобалочный, г/п - 5,0 т; P - замер давления; t - замер температуры

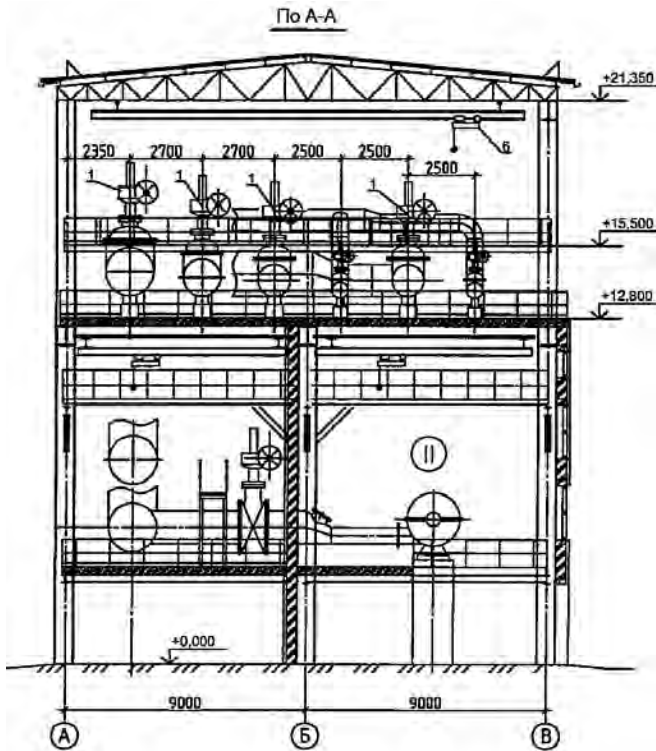


Рис. 5. Компонка оборудования ГСС. Разрез А-А  
 II – газоповысительная станция.  
 Остальное – как на рис. 4

полагать другие объекты, например, здание газоповысительной станции с установкой нагнетателей для повышения давления газов до требуемого.

ГСС оснащаются автоматическими средствами контроля и управления, обеспечивающими поддержание расчетных соотношений объемов смешиваемых газов при заданной теплоте сгорания смеси и ее расходе, а также поддержание стабильного давления на выходе из станции. Одновременно осуществляется мониторинг технологических параметров газовых потоков и состояния работы оборудования. Важной задачей автоматизации ГСС является обеспечение заданного перепада давления между исходными газами для их качественного смешения.

Современные ГСС работают полностью в автоматическом режиме, без постоянного присутствия обслуживающего персонала. При этом основные показания приборов выносятся на рабочую станцию в помещение оператора, следящего за основным технологическим процессом, например ЛПМ.

Как видно из табл. 1, для данного случая применения тройной смеси в среднем режиме обеспечивается экономия ПГ в количестве

Таблица 1

Технико-экономические показатели ГСС

Наименование	ГСС для двойной смеси газов, один ЛПМ	ГСС для двойной смеси газов, два ЛПМ (см. рис. 1)	ГСС для тройной смеси газов, один ЛПМ
1. Состав смеси	Доменно-природная	Доменно-конвертерная	Доменно-конвертерно-природная
2. Расход смеси, тыс. $\text{нм}^3/\text{ч}$ максимальный режим средний режим	55,100* 29,2*	95,970 50,86	55,100* 29,2*
3. Теплота сгорания смеси, $\text{кДж}/\text{нм}^3$	9420,3	5735,9	9420,3
4. Содержание ДГ в смеси при его теплоте сгорания $3140,1\text{-}3349,44 \text{ кДж}/\text{нм}^3$ , тыс. $\text{нм}^3/\text{ч}$ максимальный режим средний режим	44,072 23,36	38,470 20,4	19,235 10,513
5. Содержание ПГ в смеси при его теплоте сгорания $3349,4 \text{ кДж}/\text{нм}^3$ , тыс. $\text{нм}^3/\text{ч}$ максимальный режим средний режим	11,018 5,84	- -	7,115 3,771
6. Экономия ПГ, тыс. $\text{нм}^3/\text{ч}$ максимальный режим средний режим	-	-	3,903 2,069
7. Содержание конвертерного газа в смеси при его теплоте сгорания $7432 \text{ кДж}/\text{нм}^3$ , тыс. $\text{нм}^3/\text{ч}$	-	57,5	28,75
8. Комплексная стоимость ГСС, тыс. грн без НДС	9700	7000	9900
9. Штат обслуживающего персонала (обходчики), чел.	1	1	1
10. Удельная стоимость ГСС, грн/ $1000 \text{ нм}^3/\text{ч}$ смеси	0,176	0,0729	0,179
11. Установленная мощность токоприемников, кВт	95	100	110

\* По данным изготовителя оборудования.

2,069 тыс.  $\text{нм}^3/\text{ч}$ . При работе ЛПМ 7440 ч/год годовая экономия для одного ЛПМ составит 15393,4 тыс.  $\text{нм}^3$ . Суммарная экономия в денежном выражении для двух станов при стоимости ПГ \$250/1000  $\text{нм}^3$  – около \$7,7 млн/год.

### Выводы

1. Модернизация металлургического производства неразрывно связана с внедрением технологий по максимальному использованию ВГТ на предприятиях. При этом использование ПГ сводится к минимуму. В настоящее время наблюдается тенденция по замене ПГ коксовым и конвертерным в газовых смесях для основных металлургических и энергетических агрегатов: нагревательных печей прокатных станов, известково-обжигового производства, зажигательных горнов агломашии, паровых и водогрейных котлов и др. Таким образом, строительство ГСС на металлургических предприятиях продолжает оставаться весьма актуальным.

2. Использование газовых смесей без ПГ или с его минимальным количеством обеспечивает соответствующую экономию этого дорогого покупного топлива. Например, при строительстве двух ЛПМ производительностью по 2,5 млн. т горячекатаных рулонов/год каждый эта экономия составит 30786,8 тыс.  $\text{нм}^3/\text{год}$  или в денежном выражении при стоимости ПГ \$250/1000  $\text{нм}^3$  – около \$7,7 млн/год.

3. Основные технические и схемные решения по ГСС, размещение на генплане, компоновка оборудования, автоматизация и др. должны быть направлены на минимизацию капитальных затрат и эксплуатационных расходов.

### Библиографический список / References

1. Вишневецкий Б. Н. Промышленная теплоэнергетика в работах Укрспромеза /

Б. Н. Вишневецкий, В. М. Вовк, В. С. Заславский, А. Ф. Хижняк, Р. Е. Первак // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2007. – № 2. – С 108–111.

Vishnevskij B. N., Vovk V. M., Zaslavskij V. S., Hizhniak A. F., Pervak R. E. *Promyshlennaya teploenergetika v rabotah Ukrspromeza*. Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost, 2007, no. 2, pp. 108-111.

2. Колодяжный В.С. Вопросы использования смешанного газа в металлургии / В. С. Колодяжный М. В. Губинский, В. И. Романенко, В. Ф. Волков, В. В. Третьяк, М. Г. Тряпичкин // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2006. – № 3. – С. 106–109.

Kolodiazhnyj V. S., Gubinskij M. V., Romanenko V. I., Volkov V. F., Tretyak V. V., Triapichkin M. G. *Voprosy ispolzovaniya smeshannogo gaza v metallurgii*. Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost, 2006, no. 3, pp. 106-109.

**Purpose.** Analysis of feasibility and technical-and-economic efficiency of construction of gas mixing stations for Steel Plant secondary fuel gases aimed at natural gas saving.

**Methodology.** Engineering studies and calculation designs.

**Findings.** Specific amount of saved natural gas is indicated for actual facility.

**Originality.** Scheme of Gas Mixing Station for three kinds of gases.

**Practical value.** Use of acquired data for actual engineering.

**Key words:** engineering, gas mixing station, secondary fuel gases, natural gas, technical-and-economic indices.

Рекомендована к публикации  
Ю. С. Кривченко

Поступила 12.12.2016

**Metallurgical and Mining  
Industry**

[www.metaljournal.com.ua](http://www.metaljournal.com.ua)