

К вопросу экономической эффективности применения газотурбинных утилизационных установок на металлургических предприятиях

Д.Л. Безбородов¹ (SPIN-код: 7979-9548, Orcid ID: 0000-0002-0111-1664)

А.Л. Попов¹ (SPIN-код: 5639-7716, Orcid ID: 0000-0001-6030-1110)

¹ГОУ ВПО Донецкий национальный технический университет, г. Донецк

Аннотация: В статье рассмотрен вопрос использования газовой утилизационной турбины для использования потенциальной энергии доменного газа в комплекс к котлам БКЗ-75-39 для покрытия собственных нужд при их работе. При использовании доменного газа в качестве топлива на входе в топливосжигающее устройство осуществляется дросселирование топливного газа, при этом потенциальная энергия газа теряется. В работе разрабатывается подход к использованию потенциальной энергии доменного газа, идущего на сжигание.

Ключевые слова: Доменное производство, утилизационная турбина, себестоимость электрической энергии

Основные энергоресурсы, которые потребляет металлургический завод – электрическая энергия, природный, доменный, коксовый газы, тепловая энергия, твердое топливо, мазут (как резервное топливо). Электрическая энергия и природный газ являются основными энергоресурсами.

Рассмотрим вопрос установки газовой утилизационной турбины, которая производится на ЗАО «Уральский турбинный завод» (<http://www.utz.ru>) для использования потенциальной энергии доменного газа [1], направляющегося на сжигание в котлы ТЭЦ-ПВС.

Утилизационная установка ГУБТ (рис. 1) предназначена для выработки электроэнергии за счет использования в турбине потенциальной энергии доменного газа, поступающего из доменной печи.

Включение ГУБТ в технологическую схему доменного производства показано на схеме (рис. 2).

Турбина полностью автоматизирована и может работать без непрерывного наблюдения обслуживающего персонала. Нормальная эксплуатация обеспечивается периодическими осмотрами, контрольными проверками системы автоматики и контрольно-измерительных приборов.

При разработке этого класса турбин был решен ряд сложных вопросов, связанных со спецификой их работы:

- разработка конструкции турбины, использующей в качестве рабочего тела влажный, запыленный, высокотоксичный, взрывоопасный газ переменного расхода;
- исключение отрицательного воздействия турбины на работу доменной печи как при нормальной работе, так и при аварийных остановах турбины.



Рисунок 1 – Общий вид утилизирующей установки ГУБТ

Осевые турбины ГУБТ в полной мере удовлетворяют указанным требованиям. Они компактны, обладают высокой надежностью и экономичностью (их К.П.Д., в сравнении с турбинами радиального типа, на 10-15% выше).

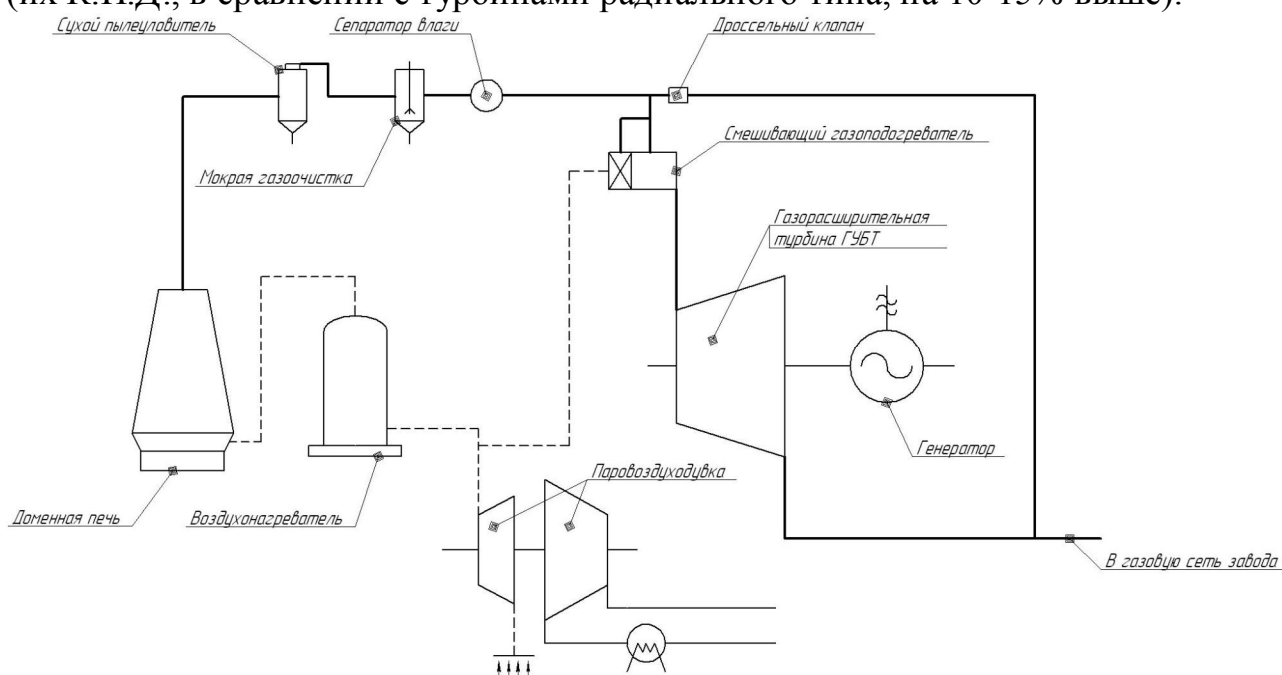


Рисунок 2 - Принципиальная схема подключения ГУБТ

Экономичность ГУБТ достигается за счет:

- высокой экономичности утилизации потенциальной энергии доменного газа для выработки электроэнергии;
- высокой надежности турбины и ее оборудования;
- высокого уровня автоматизации установки.

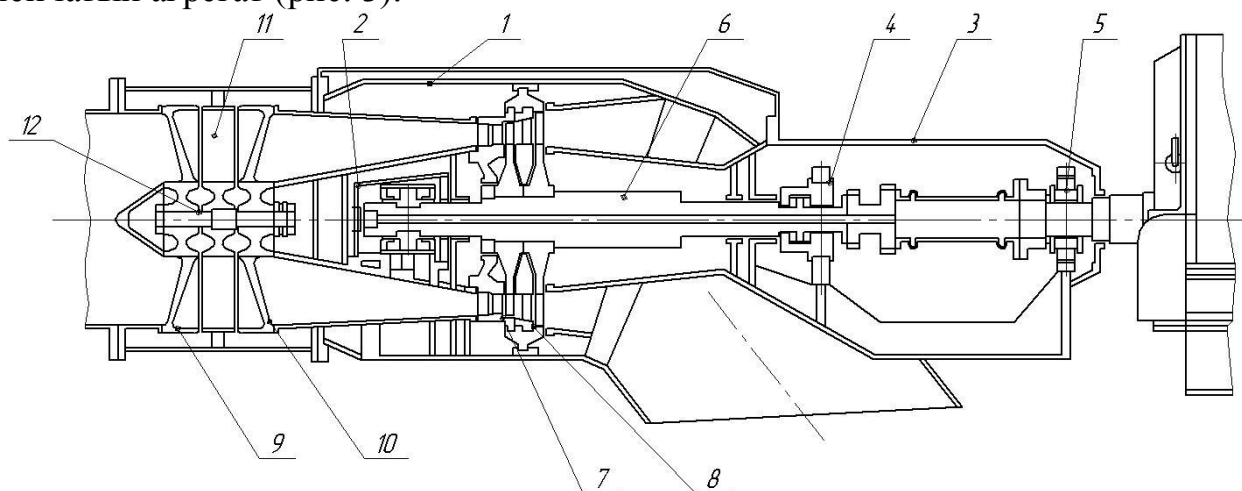
ГУБТ легко встраивается в технологический цикл доменного производства. Турбина устанавливается параллельно дроссельной группе доменной печи.

Основные характеристики турбины ГУБТ представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Расчетные параметры и характеристики турбины ГУБТ-1,5М

Параметры	Подогретый доменный газ	Влажный доменный газ
Мощность на муфте вала турбины, МВт	1,5	1,25
Внутренний относительный КПД, %	85	84
Расход доменного газа через турбину, отнесенный к нормальным условиям, м ³ /ч	55·10 ³	62·10 ³
Давление газа перед турбиной, абсолютное, кгс/см ²	2,6	2,6
Температура газа перед турбиной, °С	120	40
Давление газа за турбиной, абсолютное, кгс/см ²	1,15	1,15
Частота вращения ротора, об/мин	3000	3000
Габаритные размеры турбины, мхмхм	6,4х2,1х2,8	6,4х2,1х2,8
Масса, т	58	58

Турбина представляет собой одноцилиндровый прямоточный двухступенчатый агрегат (рис. 3).



- | | |
|--|----------------------------------|
| 1 – корпус, | 2 – корпус переднего подшипника, |
| 3 – корпус заднего подшипника, | 4 – опорно-упорный вкладыш, |
| 5 – опорный вкладыш генератора, | 6 – ротор, |
| 7 – диафрагма 1 ступени, | 8 – диафрагма 2 ступени, |
| 9 – диафрагма регулирующая, подвижная, | |
| 10 – диафрагма стопорная, подвижная, | 11 – диафрагма неподвижная, |
| 12 – опорный подшипник качения | |

Рисунок 3 - Разрез турбины

В настоящее время особое внимание уделяется энергосберегающим технологиям [2]. Важнейшей задачей является использование потенциальной энергии доменного газа, выходящего из доменной печи.

Предлагается установка газовой утилизационной турбины в комплекс к

ТЭЦ ПВС для котельных агрегатов БКЗ-75-39ФБ, работающих на смеси доменного и природного газов. При использовании доменного газа в качестве топлива на входе в топливосжигающее устройство осуществляется его дросселирование от давления 0,26 МПа до давления 0,005 МПа. При этом потенциальная энергия газа теряется.

Среднечасовое потребление доменного газа в настоящий момент в размере 90 тыс. м³/ч, позволяют установить две газовые утилизационные установки ГУБТ-1,5 (мощностью 1500 кВт каждая).

Для определения экономической эффективности внедрения предлагаемого мероприятия выполним расчет экономических показателей производства электрической энергии на организуемом участке ГУБТ.

Годовая выработка электрической энергии составит $N_p = 21,1 \cdot 10^6$ кВт·ч.

Установка газотурбинного оборудования предполагается в имеющемся помещении ТЭЦ ПВС. Центр управления и контроля за работой турбины совмещается с имеющимся щитом управления.

Общая стоимость устанавливаемого оборудования составляет 65 млн. руб.

С учетом затрат на заработную плату обслуживающего персонала, амортизационных отчислений и расходов на текущий ремонт общая себестоимость производства электроэнергии в газовой утилизационной турбине составит (табл. 2).

Таблица 2 - Калькуляция себестоимости 1 кВт·ч электроэнергии

Статьи затрат	Значение, руб./1 кВт·ч
Заработная плата	0,069
Текущий ремонт и содержание	0,103
Амортизация	0,413
Общехозяйственные расходы	0,014
Итого	0,599

Экономическая эффективность определяется следующими показателями:

- срок окупаемости дополнительных капиталовложений $t_{ок}$

Определяется по формуле:

$$t_{ок} = \frac{\Delta K}{(S_1 - S_2) \cdot N_p}, \text{ лет.} \quad t_{ок} = \frac{65 \cdot 10^6}{(2,6 - 0,599) \cdot 21,1 \cdot 10^6} = 1,53 \text{ года.}$$

где $\Delta K = 65 \cdot 10^6$ - дополнительные капиталовложения, руб.;

S_1, S_2 - себестоимость единицы продукции соответственно по исходному и проектному варианту, руб./кВт·ч (В качестве исходной цены принята стоимость покупной электрической энергии равная 2,6 руб./кВт·ч);

N_p - годовая производительность участка ГУБТ, кВт·ч.

- годовой экономический эффект от предлагаемой реконструкции \mathcal{E}_p оп-

ределяется по формуле:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_r &= (S_1 - S_2) \cdot N_p - E_n \cdot \Delta K, \\ \mathcal{E}_r &= (2,6 - 0,599) \cdot 21,1 \cdot 10^6 - 0,15 \cdot 65,0 \cdot 10^6 = 32,45 \cdot 10^6 \text{ руб./год.} \end{aligned}$$

где E_n - нормативный коэффициент эффективности. В настоящее время E_n принимается равной 0,15 (или равен ставке дисконта).

Основные технико-экономические результаты реконструкции сведены в табл. 3.

Таблица 3 – Технико-экономические результаты реконструкции

Наименование	Значение
Производительность, N_p , млн. кВт·ч/год	21,1
Фактическое время работы, ч	8585
Инвестиции, млн.руб.	65,0
Стоимость электроэнергии, руб./кВт·ч:	
- до реконструкции	2,6
- после реконструкции	0,599
Срок окупаемости, лет	1,53
Годовой экономический эффект, млн. руб.	32,45

При установке утилизационной газовой турбины снижение экологической нагрузки [3] составит при работе на природном газе на 1,0 г/с или 31536 кг/год, а при работе на твердом топливе дополнительно 11,19 г/с летучей золы (352887,84 кг/год) и 37,6 г/с диоксида серы (1679817,6 кг/год).

Внедрение мероприятий по эффективному использованию сравнительно дешевых топливно-энергетических ресурсов (доменный и коксовый газы), которыми располагает металлургическое производство, повысит надежность энергоснабжения предприятия, снизит производственные расходы и поможет заводу стать более конкурентоспособным.

Библиографический список

1. Технические условия ТУ 24-2-341-71. Турбина газовая утилизационная бескомпрессорная типа ГУБТ.
2. Влияние энергетического кризиса на потребление топливно-энергетических ресурсов ТЭЦ-ПВС ДМЗ / В. В. Казанская, Е. К. Сафонова, Ю. А. Боев // Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів. - Донецьк, 2009. - Т.1. - С.155-156.
3. Повышение энергоэффективности производства тепловой и электрической энергии в Донецком регионе / Т. В. Суходольская, Н. Г. Платохина, А. Л. Попов // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов : сборник докладов IX международной научной конференции аспирантов и студентов, 15-16 апреля 2015г., г. Донецк / ГВУЗ "ДонНТУ", ДонНУ ; редкол.: К.Н. Маренич и др. - Донецк : ГВУЗ "ДонНТУ", 2015. - С. 441–443.