

Один из участков запитан от системы ФЭП-аккумулятор с непосредственной подачей постоянного напряжения 12 В, а второй – с такой же системой, но через инвертирование: на светодиоды подается напряжение 220 В.

Анализ эксплуатации светодиодного освещения на объекте показал:

1. Светодиодное освещение создает существенную экономию потребителю.
2. Использование LED-светильников делает в условиях Уральского региона экономически оправданной систему «ФЭП-аккумулятор», так как позволяет нерегулярную подзарядку аккумуляторов ввиду малого энергопотребления.
3. Использование напряжения 12 В для системы требует применения кабелей большего диаметра и малой длины для избегания потерь и надежности аккумуляторного энергообеспечения небольшой (бытовой) емкости.

3. Применение инвертора малой мощности (до 0,5 кВт) снижает энергетический запас (емкость) аккумуляторной батареи на 25...30 % и, соответственно, продолжительность функционирования системы освещения в случае продолжительного отсутствия инсоляции.

4. Для системы с большой емкостью аккумуляторов и средней мощностью инвертора (2...8 кВт) потери на инвертирование снижаются до 10...15 %.

5. Потребитель, использующий светодиодное освещение, может полностью отказаться от оплаты централизованному поставщику энергии, перейдя на автономное освещение территории с использованием фотоэлектрических панелей и аккумуляторов.

## МИНИ-ТЭЦ НА БАЗЕ ДВУХЗОННОГО УГОЛЬНОГО ГАЗОГЕНЕРАТОРА С ПСЕВДООЖИЖЕННЫМ СЛОЕМ

*Иконников И.С., Дубинин А.М., Тупоногов В.Г., Черепанова Е.В.*  
УрФУ

*ikonnikov.ustu@mail.ru*

Развитие малой энергетики на базе газопоршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС) представляется крайне важным для районов автономного или ненадежного централизованного энергоснабжения. Источники энергии, работающие на дешевом местном топливе, позволят исключить северный завоз и без того дорогого дизтоплива. В настоящее время электростанции на базе газопоршневых двигателей мощностью от 1 до 4 МВт являются наиболее востребованным источником постоянного энергоснабжения жилищно-коммунального сектора, промышленных предприятий, угледобывающих и нефтегазовых промыслов.

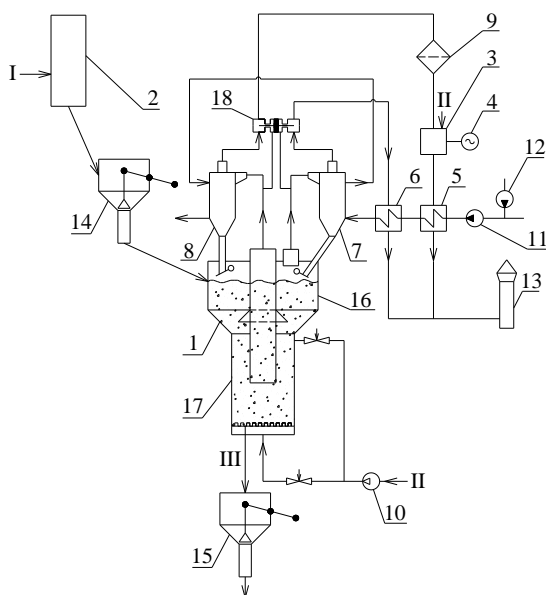


Рис. 1.

В данной статье рассматривается угольная мини-ТЭЦ на базе газогенератора с псевдоожиженным слоем, продукты воздушной газификации от которого используются газопоршневыми ДВС с электрогенератором и сетевыми подогревателями – утилизаторами теплоты для целей теплоснабжения.

Теплота сгорания продуктов газификации увеличивается с ростом температуры псевдоожиженного слоя из-за увеличения в них концентрации СО. С целью увеличения температуры слоя в реакционный объем газогенератора подводится дополнительное количество тепловой энергии посредством сжигания летучих и части продуктов газификации в отдельной камере сгорания, в которую подается уголь (рис. 1). Дополнительная теплота, выделяющаяся там, переносится в реакционный объем циркуляцией дисперсных частиц кокса, золы и шлака. Выгорание летучих в камере сгорания с кипящим слоем достигает 94 % [1], что позволяет уже в камере сгорания практически избавиться от смолы, уксусной кислоты, скипидаров и фенолов. Это существенно упрощает конструктивное решение газоочистных устройств, что очень важно для использования этой технологической схемы в поршневых ДВС.

Продукты газификации и полного сгорания отводятся отдельно. Выделившаяся тепловая энергия в камере сгорания расходуется на подогрев продуктов до оптимальной температуры. Для определения оптимальной доли продуктов газификации топлива, идущих на полезное использование, составим уравнение теплового баланса газогенератора

$$[(1-x)q_{x_3} + q_{л}] + q_{x_1} + q_y + q_{vy} + q_{v_1} + q_{v_2}(1-x) + q_{v_3} = t[c_{пт}x + c_{пс}(1-x) + c_{пс}^*] + q_{н} + q_{x_2} \frac{\bar{r}_{CO}}{0,34}. \quad (1)$$

Здесь  $q_{x_1}$  – теплота экзотермической реакции;  $q_{x_2}$  – теплота эндотермической реакции;  $q_{x_3}$  – теплота экзотермической реакции горения части продуктов газификации в камере сгорания в зоне подвода вторичного воздуха;  $q_{л}$  – теплота сгорания летучих;  $q_y$ ,  $q_{vy}$ ,  $q_{v_1}$ ,  $q_{v_2}$  и  $q_{v_3}$  – теплота, вносимая с сухим углем, с влагой угля, с первичным воздухом, подаваемым под газораспределительную решетку, с воздухом, подаваемым на горение части продуктов газификации и летучих;  $q_{н}$  – теплота, затраченная на нагрев, испарение и перегрев пара, образовавшегося из влаги угля;  $c_{пт}$ ,  $c_{пс}$  и  $c_{пс}^*$  – удельные теплоемкости продуктов газификации, продуктов сгорания части продуктов газификации и продуктов сгорания летучих;  $\bar{r}_{CO}$  – концентрация СО на выходе из слоя,  $м^3/м^3$ ; 0,34 – предельная (по стехиометрии) концентрация СО на выходе из газогенератора,  $м^3/м^3$ ;  $x$  – доля продуктов газификации, отводимых для полезного использования;  $(1-x)$  – доля продуктов газификации, отводимых на сжигание для увеличения температуры в слое. При  $x = 1$  температура в слое равна 760 °С.

При моделировании процесса газификации задавался ряд значений  $x$ , из уравнения теплового баланса (1) получали ряд значений температуры в псевдоожиженном слое  $t$ . При каждом значении температуры из уравнений материального баланса рассчитывался состав продуктов газификации ( $O_2, CO_2, CO, N_2$ ). При уменьшении доли  $x$  температура в слое увеличивается, что приводит к возрастанию содержания СО в продуктах газификации и теплоты

сгорания продуктов газификации. Производство  $r_{CO}$  возрастает, проходит через максимальное значение, затем убывает.

В результате расчетов было установлено, что максимальный выход CO соответствует значению  $x = 0,92$ , при этом температура в слое равна  $830\text{ }^\circ\text{C}$ , а продукты газификации имеют теплоту сгорания  $3680\text{ кДж/м}^3$ .

Для проверки модели были проведены опыты на экспериментальном газогенераторе диаметром  $0,28\text{ м}$ . Сравнение расчетов с экспериментальными данными представлено в таблице.

Компоненты продуктов воздушной газификации, %	$r_{CO_2}$	$r_{O_2}$	$r_{N_2}$	$r_{CO}$	$r_{CH_4}$	$r_{H_2}$
Экспериментальные данные	7,7	3,1	61,7	19,5	1,2	6,8
Расчет по модели	11,3	3,0	57,9	22,9	0,0	0,0

Состав получаемых продуктов газификации определяли на хроматографе. Результаты экспериментов представлены на рис. 2.

На рис. 2 оптимизирована величина  $Q = VxQ_i^c$ , кВт, в зависимости от параметра  $x$ . Здесь  $V$  – объемная производительность газогенератора,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $V = GF_p / \rho_{\text{пр}}^*$ ;  $F_p$  – площадь сечения газогенератора,  $\text{м}^2$ ;  $\rho_{\text{пр}}^*$  – плотность продуктов газификации при нормальных условиях,  $\text{кг/м}^3$ .

На основе моделирования и экспериментальных данных рассчитана мини-ТЭЦ. Выход сухого газа на 1 кг угля по расчетам составил  $2,1\text{ м}^3/\text{кг}$ . Теплота сгорания генераторного газа  $Q_i^c = 3680\text{ кДж/м}^3$ .

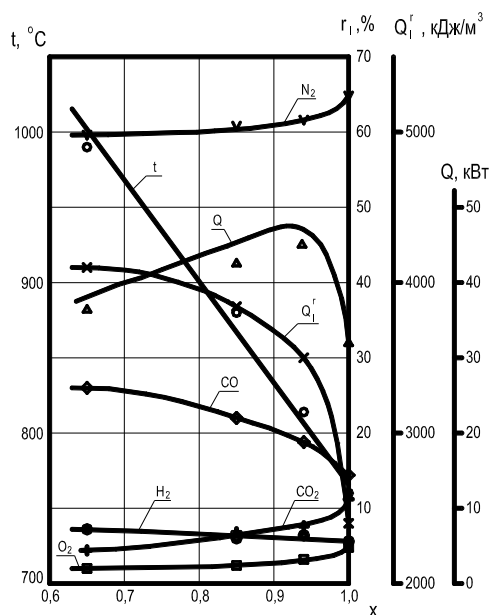


Рис. 2.

Химический КПД газогенератора составит

$$\eta_r = \frac{2,1Q_i^c}{Q_H^p} = \frac{2,1 \cdot 3680}{15280} = 0,51 = 51\%.$$

Поскольку физическая теплота продуктов используется для целей теплоснабжения, коэффициент использования топлива выше КПД газификации и составляет  $\eta_{\text{исп}} = 75\%$ .

Удельный расход натурального топлива (бородинского угля) на выработку электрической энергии составляет

$$b_3 = \frac{3600}{Q_n^p \eta_3 \eta_m \eta_{исп}} = \frac{3600}{15280 \cdot 0,98 \cdot 0,98 \cdot 0,75} = 0,327 \text{ кг}/(\text{кВт} \cdot \text{ч}),$$

или  $0,327 \cdot (10^6/3600) = 90,9$  кг/ГДж. Здесь  $\eta_3$  и  $\eta_m$  – КПД электрогенератора и механический КПД двигателя.

Удельный расход натурального топлива на отпуск теплоты в тепловые сети

$$b_T = \frac{10^6}{Q_n^p \eta_{тп} \eta_{исп}} = \frac{10^6}{15280 \cdot 0,95 \cdot 0,75} = 91,9 \text{ кг}/\text{ГДж} (385 \text{ кг}/\text{Гкал}),$$

где  $\eta_{тп}$  – КПД тепловых потерь в водяных тепловых сетях.

Соотношение удельного расхода топлива на производство электрической и тепловой энергии составляет практически 1:1.

При выработке 500 кВт электрической энергии и отпуске 7557 кВт тепловой энергии расход натурального топлива равен 0,739 кг/с (2,66 т/ч). Выход золы составляет 197 кг/ч. Мощность, потребляемая на собственные нужды, составляет 6 % от мощности, получаемой на электрогенераторе.

#### *Библиографический список*

1. Осипов П.В., Чернявский Н.В., Рыжков А.Ф. Изучение характера выгорания Волчанского бурого угля в условиях кипящего слоя // Теплофизика и теплоэнергетика: сб. науч. статей. Магнитогорск: МГТУ, 2010. С. 96–99.
2. Тупоногов В.Г., Рыжков А.Ф., Баскаков А.П., Родненко Д.А. Волны давления и порозности в псевдооживленном слое // Вестник УГТУ-УПИ: Теплоэнергетика. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2004. С. 24–30.
3. Виленский Т.В., Хзмалян Д.М. Динамика горения пылевидного топлива. М.: Энергия, 1978. 248 с.

## **ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОГАЗА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПО ПРОИЗВОДСТВУ И ПЕРЕРАБОТКЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ**

*Карасева Ю.В., Шитилова М.Ю.  
Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет  
e-mail: marinashpilova@yandex.ru*

Одной из наиболее важных проблем агропромышленного комплекса является захоронение отходов производства животноводческих предприятий и повышение плодородия почвы, следовательно, урожайности сельскохозяйственных культур.

На сельскохозяйственных предприятиях Российской Федерации ежегодно образуется около 640 млн т навоза и помета, что по удобрительной ценности эквивалентно 62 % от общего производства минеральных удобрений в стране, а также имеются следующие отходы: скорлупа от яиц, перья и прочие. На предприятиях по переработке животноводческой продукции образуются в большом количестве отходы по переработке мяса животных и птиц (некондиционная