

**Міністерство освіти і науки України  
Херсонський національний технічний університет**

## **МАТЕРІАЛИ**

**Другої Всеукраїнської науково-практичної  
інтернет-конференції студентів, аспірантів і  
молодих вчених**

# **АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ**



24-26 травня 2017 р.  
м. Херсон, Херсонський національний технічний університет  
[http://kntu.net.ua/Conference\\_APME](http://kntu.net.ua/Conference_APME)

Матеріали II-ї Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Актуальні проблеми сучасної енергетики». – Херсон: ХНТУ, 2017. – 138 с.

У матеріалах конференції викладені результати досліджень, які присвячені актуальним проблемам сучасної традиційної та альтернативної енергетики: питанням електроенергетики та теплоенергетики, дослідженню, впровадженню та оптимізації систем нетрадиційної та відновлюваної енергетики, енергозбереженню та автоматизації енергетичних процесів, а також їх економічним та екологічним аспектам.

Усі матеріали публікуються в авторській редакції. Відповідальність за підбір і точність наведених фактів, цитат, економіко-статистичних даних, імен та інших відомостей, а також за те, що матеріали не містять даних, які не підлягають відкритій публікації несуть автори та наукові керівники опублікованих матеріалів.

Відповідальний за випуск: Резнік В.О.

Комп'ютерне макетування: к.т.н., доц. Баганов Є.О.

Організацію та проведення конференції затверджено наказом по Херсонському національному технічному університету від 10.05.2017 №146.

Відповідно до пункту №250 листа Міністерства освіти і науки України від 23.01.2017 №1/9-24 переліку проведення міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференцій здобувачів вищої освіти і молодих учених у 2017 році

**ISBN 978-966-2207-43-9**

Адреса організаційного комітету: 73008, м.Херсон, Бериславське шосе, 24,  
Херсонський національний технічний університет, корп. 1, ауд. 125.

© Колектив авторів, 2017  
© Дизайн та макетування. Кафедра енергетики, електротехніки і фізики  
Херсонського національного технічного університету

<b>Півень С.М. Пропозиція використання технологічного обладнання каркасних компонок як ресурсозберігаючий метод</b>	.....	121
<b>СЕКЦІЯ 5. Економічні та екологічні аспекти енергозбереження</b>	.....	124
<b>Глухова Г.Г., Глухова В.І., Костюк Є.М. Екологічні аспекти енергозбереження</b>	.....	125
<b>Артёменкова В.О. Анализ выбросов за котлами тэс при сжигании разных видов топлива</b>	.....	128
<b>Кириллов О.Л., Смирнов В.Я. Расчет безопасных режимов заполнения объема нефтепродуктами методом применения функции изменения потенциала</b>	.....	132
<b>Алфавітний показчик авторів</b>	.....	136

## АНАЛИЗ ВЫБРОСОВ ЗА КОТЛАМИ ТЭС ПРИ СЖИГАНИИ РАЗНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА

Артёменкова В.О.

*Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса*

Vikuli4ka121@ya.ru

Научный руководитель: д.т.н. проф. кафедры Якуб Л.Н.

Основу жизни человека составляет окружающая природная среда, а основу современной цивилизации - ископаемые природные ресурсы и вырабатываемая из них энергия. Очевидно, что без энергетики у человечества нет будущего. Но с другой стороны, энергетика оказывает мощное отрицательное воздействие на окружающую среду, ухудшая условия жизни людей. Основу энергетики составляют различные типы электростанций.

Сжигание топлива на ТЭС связано с образованием продуктов сгорания, содержащих летучую золу, частицы недогоревшего пылевидного топлива, сернистый и серный ангидрид, оксиды азота и газообразные продукты неполного сгорания, а при сжигании мазута, кроме того, соединения ванадия, соли натрия, кокс и частицы сажи. В золе некоторых топлив имеется мышьяк, свободный диоксид кремния, свободный оксид кальция и др.

Перевод с твердого топлива на газовое ведет к значительному удорожанию вырабатываемой энергии, не говоря уже о дефиците и того, и другого. Кроме того, это не решит проблемы загрязнения атмосферы. Перевод установок на жидкое топливо существенно уменьшает золообразование, но практически не влияет на выбросы окиси серы, так как мазуты, применяемые в качестве топлива, содержат более 2% серы. При сжигании газа в дымовых выбросах также содержится оксид серы, а содержание оксидов азота не меньше, чем при сжигании угля.

Так как не хватает качественного топлива, ТЭС работают на низкосортном. В процессе сгорания такого топлива образуются загрязняющие вещества, которые выводятся в атмосферу с дымом и попадают в почву с золой. Помимо того, что эти выбросы неблагоприятно влияют на окружающую среду, продукты сгорания вызывают выпадение кислотных осадков и парниковый эффект, который грозит нам засухами.

Существует методика для определения количества загрязняющих веществ, выделяемых при работе ТЭС.

### *1. Расчет золы*

1.1 Общее количество золы, уносимое с дымовыми газами, на 1 кг сожженного топлива с учетом недожога составит, кг/кг:

$$g = \alpha_{ун} * \frac{A_p}{100} * \left( 1 + \frac{\Gamma_{ун}}{100 - \Gamma_{ун}} \right) \quad (1)$$

где  $A_p$  - зольность топлива на рабочую массу, %;  $\alpha_{ун}$  — доля твердых частиц, уносимых из топки с дымовыми газами;  $\Gamma_{ун}$  - содержание горючих в золе

уноса, %.

1.2 Механический недожог для камерных топок можно определить по выражению:

$$\frac{q_1}{100} = \frac{\Gamma_{\text{ун}}}{100 - \Gamma_{\text{ун}}} = \frac{32,7 * A_p}{Q_H^p * 100} \quad (2)$$

где  $Q_H^p$  — низшая теплота сгорания рабочего топлива, МДж/кг; 32,7 МДж/кг — средняя теплота сгорания горючих в уносе.

1.3 Приведенные зольность  $A_{\text{пр}}$  и сернистость  $S_{\text{пр}}$ , определяют по выражениям:

$$A_{\text{пр}} = \frac{10^3 * A_p}{Q_H^p} \quad (3)$$

$$S_{\text{пр}} = \frac{10^3 * S_p}{Q_H^p} \quad (4)$$

1.4 Выброс золы в атмосферу в единицу времени (г/с, т/год) с учетом улавливания ее в золоуловителе определяется по формуле:

$$M_3 = B * A_p * \alpha_{\text{ун}} * \frac{1 - \eta_3}{100 - \Gamma_{\text{ун}}} \quad (5)$$

где  $B$  — расход натурального топлива за рассматриваемый период (г/с, г/год);  $\eta_3$  — степень улавливания твердых частиц в золоуловителях.

## 2. Расчет оксидов серы

Выброс оксидов серы определяется по сернистому ангидриду, г/с (т/год):

$$M_{\text{SO}_2} = 2 * 10^3 * \frac{S_p}{100} * B * (1 - \eta'_{\text{SO}_2}) * (1 - \eta''_{\text{SO}_2}) \quad (6)$$

где  $\eta'_{\text{SO}_2}$  — доля оксидов серы, связываемых летучей золой в газоходах котла;  $\eta''_{\text{SO}_2}$  — доля оксидов серы, улавливаемых в золоуловителе.

$$\eta''_{\text{SO}_2} = 1 - C_{\text{SO}_2} / C_{\text{SO}_2}^T \quad (7)$$

где  $C_{\text{SO}_2}$  — измеренная концентрация оксидов серы в уходящих газах в рассматриваемом сечении газохода, мг/м,  $C_{\text{SO}_2}^T$  — теоретическая концентрация сернистого ангидрида в уходящих газах при условии окисления всей серы топлива до  $\text{SO}_2$ , мг/м<sup>3</sup>.

$$C_{\text{SO}_2}^T = 0.02 * S_p / V_g \quad (8)$$

где  $V_g$  — объем продуктов сгорания при сжигании 1 кг топлива при коэффициенте избытка воздуха в рассматриваемом сечении газохода, м<sup>3</sup>/кг.

## 3. Расчет оксидов серы

3.1 Количество оксидов азота в пересчете на  $\text{NO}_2$  (т/год, г/с) может быть рассчитано по эмпирической формуле:

$$M_{\text{NO}_2} = 0.34 * 10^{-7} * K * B * Q_H^p * \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) * \beta_1 * (1 - \varepsilon_1 * r) * \beta_2 * \beta_3 * \varepsilon_2 \quad (9)$$

где  $K$  — коэффициент, характеризующий выход оксидов азота, кг/т условного топлива;  $B$  — полный расход натурального твердого, жидкого и газообразного топлива, т/год (г/с);  $q_4$  — потеря теплоты от механической неполноты сгорания;  $\beta_1$  — поправочный коэффициент, учитывающий влияние на выход оксидов азота качества сжигаемого топлива (содержание азота в топливе  $N_T$ );  $\beta_2$  — коэффициент, учитывающий конструкцию горелок (для вихревых горелок  $\beta_2 = 1$ );  $\beta_3$  — коэффициент, учитывающий вид шлакоудаления.  $\varepsilon_1$  — коэффициент,

характеризующий эффективность воздействия рециркулирующих газов в зависимости от условий подачи их в топку;  $\varepsilon_2$  - коэффициент, характеризующий снижение выброса оксидов азота при подаче части воздуха помимо основных горелок (при двухступенчатом сжигании);  $\gamma$  - степень рециркуляции дымовых газов, %.

Нужно сказать, что воздействия ТЭС на окружающую среду значительно отличаются по видам топлива (таблица 1). Наиболее «чистое» топливо для тепловых электростанций – газ, как природный, так и получаемый при переработке нефти или в процессе метанового брожения органических веществ. Однако, как видно из расчетов, он так же загрязняет атмосферу. Наиболее «грязное» топливо – горючие сланцы, торф, бурый уголь. При их сжигании образуются больше всего пылевых частиц и оксидов серы.

Таблица 1

**Загрязнение атмосферы при работе ТЭС на разных видах топлива**

Выброс	Вид топлива			
	Природный газ	Бурый уголь	Каменный уголь	Мазут
SO <sub>x</sub>	7,4	7,7	6,0	0,002
NO <sub>x</sub>	2,4	3,4	21,0	1,9
Твердые частицы	0,7	2,7	1,4	-
Фтористые соединения	0,004	1,11	0,05	-

Учитывая всю опасность продуктов сгорания, выбрасываемых теплоэлектростанциями, их проектирование и строительство ведётся с максимальным соблюдением экологических требований, целью которых является недопущение выбросов вредных веществ, превышающих предельно допустимые концентрации.

Распространение вредных выбросов ТЭС зависит от нескольких факторов: рельефа местности, температуры окружающей среды, скорости ветра, облачности, интенсивности осадков. Ускоряет распространение и увеличивает площадь загрязнения вредными веществами такое явление, как туман. Вредные вещества при взаимодействии с туманом образуют устойчивое сильнозагрязнённое мелкодисперсное облако - смог, имеющий наибольшую плотность у поверхности земли.

Несомненно, что в ближайшей перспективе тепловая энергетика будет оставаться преобладающей в энергетическом балансе мира и отдельных стран. Велика вероятность увеличения доли углей и других видов менее чистого топлива в получении энергии. Из-за этого необходимо использовать пути и способы их использования, позволяющие существенно уменьшать отрицательное воздействие на среду. Эти способы базируются в основном на совершенствовании технологий подготовки топлива и улавливания загрязняющих выбросов. Важно помнить на каждой стадии проектирования новой ТЭС, что взаимодействие энергетического предприятия с окружающей

средой происходит на всех стадиях добычи и использования топлива, преобразования и передачи энергии.

Однако, оптимальным способом снижения загрязнения является постепенный отказ от ископаемого топлива и переход на возобновляемую энергию, использующую солнечные источники энергии: свет, ветер и гидроресурсы. Вспомогательной мерой может быть переход от экономики общества потребления к ресурсной экономике.

#### **Список литературы:**

1. Жабо В.В. Охрана окружающей среды на ТЭС и АЭС [Текст]. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 240 с.

2. РД 34.02.305-98 Методика определения валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельных установок ТЭС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.znaytovar.ru/gost/2/RD\\_340230598\\_Metodika\\_opredele.html](http://www.znaytovar.ru/gost/2/RD_340230598_Metodika_opredele.html) (дата обращения 15.05.2017 г.). – Название домашней страницы Интернет.

3. Защита окружающей среды от вредных выбросов ТЭС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.ipages.ru/index.php?ref\\_item\\_id=2630&ref\\_dl=1](http://www.ipages.ru/index.php?ref_item_id=2630&ref_dl=1) (дата обращения 16.05.2017 г.). – Название домашней страницы Интернет.