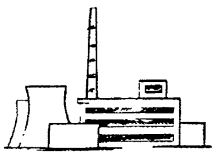
РОССИЙСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ
«ЕЭС РОССИИ»

Департамент научно-технической политики и развития

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ КОЭФФИЦИЕНТА ОСЕДАНИЯ *F* ПРИ ОЦЕНКЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ТВЕРДЫМИ ВЫБРОСАМИ ТЭС С УЧЕТОМ ДИСПЕРСНОСТИ ЛЕТУЧЕЙ ЗОЛЫ



СО 34.02.319–2001
(РД 153-34.1-02.319–2001)

ОАО «ВТИ»
Москва 2003

gost.e-ecolog.ru

РОССИЙСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ
«ЕЭС РОССИИ»

Департамент научно-технической политики и развития

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ КОЭФФИЦИЕНТА ОСЕДАНИЯ *F* ПРИ ОЦЕНКЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ТВЕРДЫМИ ВЫБРОСАМИ ТЭС С УЧЕТОМ ДИСПЕРСНОСТИ ЛЕТУЧЕЙ ЗОЛЫ

СО 34.02.319-2001
(РД 153-34.1-02.319-2001)

ОАО «ВТИ»
Москва 2003

Методические указания используются при установлении норм предельно допустимых (ПДВ) и временно согласованных выбросов (ВСВ) и планировании работ по снижению твердых выбросов в соответствии с действующей "Инструкцией по нормированию выбросов в атмосферу для тепловых электростанций и котельных" (РД 153-34.02.303).

Методические указания разработаны в соответствии с действующими нормативно-техническими документами (приложение Б).

Предназначены для энергопредприятий, научно-исследовательских и проектных организаций РАО "ЕЭС России", занимающихся расчетами приземных концентраций твердых выбросов в атмосфере при нормировании выбросов, разработке и согласовании атмосфероохранных мероприятий, проектировании и реконструировании действующих золоулавливающих установок.

1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ЛЕТУЧЕЙ ЗОЛЫ ТЭС, ВЫБРАСЫВАЕМОЙ В АТМОСФЕРУ

1.1. Фракцией называют долю массы, объема, размера (диаметр), поверхности или количество частиц в определенном интервале значений, принятых в качестве верхнего и нижнего пределов, выраженную в процентах .

Фракционный состав золы, определяемый по диаметру частиц (дисперсный состав), зависит от исходного состояния (помола) топлива, типа установленного золоулавливающего оборудования и степени очистки газов в нем.

1.2. Пробы летучей золы за золоулавливающей установкой отбираются в соответствии с действующими ГОСТами и методиками.

1.3.Дисперсный состав летучей золы в уходящих газах котлов ТЭС, сжигающих уголь, определяется экспериментально следующими методами[1)]:

- ситовым;
- воздушной сепарации;
- жидкостной седиментации;
- центробежной сепарации.

1.4. Ситовый анализ основан на механическом разделении исследуемой пробы летучей золы на фракции по крупности (ГОСТ 2093) с использованием стандартных сит с последовательно уменьшающимся размером

---

[1] Допускается применение других методов определения дисперсного состава летучей золы. Для разделения летучей золы на фракции крупнее 40 мкм следует пользоваться ситовым методом, остальные методы могут быть рекомендованы для разделения летучей золы на фракции менее 40 мкм.

ячеек. Такая последовательность позволяет разделить пробу на фракции за один анализ. Рассевка может производиться ручным или механическим способом.

1.5 Метод воздушной сепарации основан на том, что частицы разного размера имеют различную скорость витания и, следовательно, выборочно уносятся ламинарным воздушным потоком при задаваемых скоростях воздуха. Варьируя подачу воздуха и диаметр труб прибора, добиваются выноса определенных фракций, скорости витания которых меньше или равны данной скорости воздуха. Основным недостатком этого метода является продолжительность определения фракционного состава.

1.6. Метод жидкостной седиментации аналогичен методу воздушной сепарации, но в его основе лежит скорость оседания частиц различных размеров в жидкой среде [прибор с подъемной пипеткой конструкции ЛИОТ (Ленинградского Института Охраны Труда)]. Недостатком его является то, что некоторые золы могут слипаться в жидкостной среде, что требует введения в седиментационную жидкость специальных добавок.

1.7. Метод центробежной сепарации основан на принципе воздействия центробежных сил на частицу при сильном закручивании потока (сепаратор Бако), когда крупные частицы отбрасываются на периферию вихря, а мелкие под влиянием воздушного потока проводятся к его центру и выводятся в верхнюю часть центрифуги, где оседают на стенах. Полный анализ пробы пыли достигается постепенным отсеиванием наиболее мелких частиц анализируемой пробы и взвешиванием отброшенных на периферию вихря остатков, собранных после каждой операции.

1.8.Результаты дисперсного анализа летучей золы оформляются в виде таблицы или графика.

1.9. Табличное оформление дисперсного состава летучей золы дает возможность определить процентное содержание доли частиц (фракции) в общей массе золы (приложение В).

1.10. По полученным данным о фракционном составе летучей золы строятся графики (приложение Т) в логарифмически вероятной координатной сетке, показывающие зависимости распределения массы золы R по диаметрам частиц d. Функция $R(d)$ определяется как выраженное в процентах отношение массы всех частиц, диаметр которых больше с/, к общей массе золы.

1.11. По построенным графикам распределения массы золы по диаметру частиц (или данным таблицы, см. приложение В) принимается диаметр частиц d_5, необходимый для определения коэффициента оседания F (d_5 -диаметр частиц пыли, который находится из условия, что масса частиц диаметром более d_5 составляет 5 % общей массы частиц, мкм).

1.12. При определении коэффициента оседания F учитывается скорость витания частиц золы v_g,, которая зависит от их плотности ρ (под скоростью витания частиц v_x понимается скорость вертикально восходя-

щего потока, численно равная скорости оседания частиц в спокойной среде). Плотность частиц ρ летучей золы определяется методом вытеснения жидкости или воздуха.

1.13. Метод вытеснения жидкости основан на определении объема жидкости, вытесненной золой, масса которой известна. Частное от деления массы золы на вытесненный ею объем жидкости представляет собой плотность материала. Для определения плотности частиц обычно используется пикнометр (ГОСТ 7465).

1.14. Метод вытеснения воздуха основан на законе Бойля-Мариотта, по которому при одной и той же температуре произведение давления на объем массы газа остается постоянным.

1.15. Для измерения дисперсного состава летучей золы непосредственно в потоке дымовых газов применяется каскадный импактор, принцип работы которого основан на прохождении запыленного потока с определенной скоростью через диски с фильтром для удержания твердых частиц разной фракции (РД 34.35.513).

1.16. В случае необходимости химический состав летучей золы в каждой фракции определяется на дифрактометре ДРОН-2 в соответствии с РД 34.44.214.

2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ОСЕДАНИЯ *F* *С* УЧЕТОМ ДИСПЕРСНОСТИ ЛЕТУЧЕЙ ЗОЛЫ

2.1 Безразмерный коэффициент оседания F, учитывающий скорость оседания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, которая зависит от их размера в уходящих газах, используется в формуле расчета максимальных приземных концентраций загрязняющих веществ c_m в атмосферном воздухе (ОНД-86)

$$C_m = \frac{AMFmn\ \eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}$$

где

A - коэффициент, зависящий от температурной стратификации (соответствует неблагоприятным метеоусловиям, при которых достигается максимальное значение приземной концентрации загрязняющих веществ);

M - масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с;

m и n - коэффициенты, учитывающие условия выхода газовоздушной смеси из устья источника выброса;

η - безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности (устанавливается на основе анализа картографического материала о рельефе местности в радиусе до 50 высот наиболее высокого из источников и не менее чем 2 км);

H - высота источника выброса над уровнем земли, м;
V_1 - расход газовоздушной смеси, м^3/с;
ΔT - разность температур выбрасываемой газовоздушной смеси и окружающего атмосферного воздуха, °С.

2.2 При отсутствии данных о дисперсном составе твердых частиц коэффициент оседания F для расчетов приземных концентраций загрязняющих веществ в атмосфере c_m принимается по среднему значению эксплуатационной степени очистки дымовых газов в золоулавливающих установках (таблица 1).

Таблица 1

Степень очистки, %	Рекомендуемый коэффициент оседания F
Более 90	2,0
От 75 до 90	2,5
Менее 75 или при отсутствии очистки	3,0

2.3.Изменение рекомендуемых значений коэффициента оседания F допускается при наличии экспериментальных данных о распределении частиц по фракциям (п. 2.5, примечание, ОНД-86). При этом значения коэффициента F определяются по отношению $v_g/u_м$,

где v_g - скорость оседания (витания) частиц диаметром d_5, м/с;
$u_м$ - опасная скорость ветра, при которой достигается наибольшее значение приземной концентрации загрязняющих веществ, м/с.

2.4. Скорость оседания (витания) твердых частиц v_g определяется двумя способами:

а) *по закону Стокса* по формуле

$$v_g = \frac{9{,}8\, d_5^2 \cdot \rho \cdot g}{18 \cdot \mu}, \qquad (2)$$

где d_5 – диаметр частиц, м;
ρ – плотность частиц диаметром d_5, кг/м^3;
g – ускорение свободного падения, м/с^2;
μ – динамическая вязкость газа, Па·с;

$$\text{для воздуха } \mu = 1{,}75 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{(273 + t)^{0{,}683}}{273^{0{,}683}}, \qquad (3)$$

где t – температура уходящих дымовых газов, °С.
С учетом реальных условий (3) формула (2) преобразуется:

$$v_g = \frac{1{,}45 \cdot 10^6 \cdot d_5^2 \cdot \rho}{T^{0{,}683}}, \qquad (4)$$

где T - температура дымовых газов, равная 273+ t, К;

б) *по номограмме* (приложение Д) в зависимости от размера частиц (диаметра) d_s, плотности частиц ρ и температуры газа t.

2.5 Опасная скорость ветра $u_м$ определяется:

а) расчетным путем (таблица 2) по значениям параметров f, $v_м$ и $v'_м$, зависящих от аэродинамических и геометрических характеристик источника выброса и определяемых по формулам ОНД – 86:

$$f = 1000 \frac{w_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}, \quad (5)$$

$$v_i = 0,65 \sqrt[3]{\frac{v_1 \cdot \Delta T}{H}}, \quad (6)$$

$$v'_i = 1,3 \frac{w_0 \cdot D}{H}, \quad (7)$$

где D – диаметр устья источника выброса, м;

w_0 - скорость выхода дымовых газов из устья источника выброса, м/с.

Таблица 2

$f<100$	$f>100$
$u_м = 0,5$ при $v_м \le 0,5$	$u_м = 0,5$ при $v'_м \le 0,5$
$u_м = v_м$ при $0,5 < v_м \le 2$	$u_м = v'_м$ при $0,5 < v'_м \le 2$
$u_м = v_м (1+0,12 \sqrt{f})$ при $v_м > 2$	$u_м = 2,2 v'_м$ при $v'_м > 2$

б) принимается по результатам расчетов максимальных приземных концентраций при проведении расчетов на ПЭВМ (на основе ОНД-86).

2.6. Значение коэффициента оседания F (приложение Е) с учетом дисперсности летучей золы и скорости ее витания принимается по таблице 3.

Таблица 3

Параметр $v_g/u_м$	Коэффициент оседания F
$\le 0,015$	1.0
$0,015 < v_g/u_м \le 0,03$	1,5
$>0,03$	2,0 -3.0 с учетом степени очистки, приведенной в таблице 1

Приложение А
(справочное)

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

ТЕРМИНЫ	ОПРЕДЕЛЕНИЯ
1	2
Вредное (загрязняющее) вещество	Химическое или биологическое вещество либо смесь таких веществ, которые содержатся в атмосферном воздухе и которые в определенных концентрациях оказывают вредное воздействие на здоровье человека и окружающую природную среду (Федеральный Закон РФ «Об охране атмосферного воздуха»)
Дымовые газы	Газы, выделяемые при сгорании топлива (ОСТ 153-34.0-02-021)
Отходящие дымовые газы	Дымовые газы на выходе из источников выделения загрязняющих веществ (ОСТ 153-34.0-02-021)
Уходящие дымовые газы	Дымовые газы, выбрасываемые из источников загрязнения атмосферы (ОСТ 153-34,0-02-021)
Твердые частицы	Твердые загрязняющие вещества, образующиеся при сжигании твердого и жидкого топлива в котлах ТЭС и котельных (ОСТ 153-34.0-02-021)
Дисперсный состав твердых частиц	Распределение твердых частиц по размерам, характеризующееся относительным содержанием фракций или параметрами функций, описывающих указанное распределение (ОСТ 153-34.0-02-021)
Средний (медианный) диаметр твердых частиц	Размер твердых частиц, при котором масса всех твердых частиц мельче или крупнее этого размера составляет 50 % (ОСТ 153-34.0-02-021)
Зола	Твердое вещество, остающееся после сжигания углеродистых материалов (СТ ИСО 4225)
Летучая зола ТЭС	Зола, содержащаяся в уходящих дымовых газах, выбрасываемых из трубы ТЭС (ОСТ 153-34.0-02-021)
Микроэлемент	Вещество, находящееся в рассматриваемой среде в количестве менее 0,01% (например, ртуть, фтор, никель, хром) (ОСТ 153-34.0-02-021)
Тяжелые металлы	Металлы плотностью более 8000 кг/м^3 основной отличительной особенностью которых является малая растворимость их гидрооксидов (например, медь, свинец) (ОСТ 153-34.0-02-021)
Очистка отходящих газов	Удаление загрязняющих веществ из отходящих дымовых газов (ОСТ 153-34.0-02-021)

Продолжение приложения А

1	2
Степень очистки газа Ндп. Эффективность очистки	Отношение массы извлеченного из таза или прореагировавшего загрязняющего вещества к массе загрязняющего вещества, присутствующего в газе до очистки (ГОСТ 17.2.1.04)
Метеорологические факторы загрязнения атмосферы	Метеорологические элементы, явления и процессы, влияющие на загрязнение атмосферы (ГОСТ 17.2.1.04)
Неблагоприятные метеорологические условия	Метеорологические условия, способствующие накоплению вредных (загрязняющих) веществ в приземном слое атмосферного воздуха (Федеральный Закон РФ «Об охране атмосферного воздуха»)
Рассеивание выбросов	Уменьшение концентрации загрязняющего вещества в атмосфере путем перемешивания его с воздухом атмосферы (ОСТ 153-34.0-02-021)
Загрязнение атмосферы	Изменение состава атмосферы в результате наличия в ней примесей (ГОСТ 17.2.1.04)
Гигиенический норматив качества атмосферного воздуха	Критерий качества атмосферного воздуха, который отражает предельно допустимое максимальное содержание вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе и при котором отсутствует вредное воздействие на здоровье человека (Федеральный Закон РФ «Об охране атмосферного воздуха»)
Приземная концентрация примеси в атмосфере	Концентрация примеси в атмосфере, измеренная на высоте 1,5-2,5 м от поверхности земли (ГОСТ 17.2.1.03)
Предельно допустимая концентрация примеси в атмосфере (ПДК)	Максимальная концентрация примеси в атмосфере, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает на него вредного действия, включая отдаленные последствия, и на окружающую среду в целом (ГОСТ 17.2.1.04)
Ориентировочный безопасный уровень воздействия загрязняющего атмосферу вещества (ОБУВ)	Временный гигиенический норматив для загрязняющего атмосферу вещества, устанавливаемый расчетным методом для целей проектирования промышленных объектов (ГОСТ 17.2.1.03)

Окончание приложения А

1	2
Предельно допустимый выброс (ПДВ)	Норматив предельно допустимого выброса вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух, которым устанавливается для стационарного источника загрязнения атмосферного воздуха при условии непревышения данным источником гигиенических и экологических нормативов качества атмосферного воздуха, предельно допустимых (критических) нагрузок на экологические системы, других экологических нормативов (Федеральный Закон РФ «Об охране атмосферного воздуха»)
Временно согласованный выброс (ВСВ)	Временный лимит выброса вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух, который устанавливается для действующих стационарных источников выбросов с учетом качества атмосферного воздуха и социально-экономических условий развития соответствующей территории в целях поэтапного достижения установленного предельно допустимого выброса (Федеральный Закон РФ «Об охране атмосферного воздуха»)
Разовая концентрация примеси в атмосфере	Концентрация примеси в атмосфере, определяемая по пробе, отобранной за 20 – 30 - минутный интервал времени (ГОСТ 17.2.1.03)
Максимальная разовая приземная концентрация от выбросов ТЭС	Концентрация загрязняющего вещества в атмосфере, создаваемая выбросами ТЭС при работе ее на максимальной нагрузке и сжигании наихудшего топлива (ОСТ 153-34.0-02-021)

Приложение Б
(справочное)

ПЕРЕЧЕНЬ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ, НА КОТОРЫЕ ДАНЫ ССЫЛКИ В СО 34.02.319-2001 (РД 153-34.1-02.319-2001)

Обозначение НД	Наименование и выходные данные НД	Раздел или пункт, в котором имеется ссылка
1	2	3
ГОСТ 17.2.1.03-84	Охрана природы. Атмосфера. Термины и определения контроля загрязнения	Приложение А
ГОСТ 17.2.1.04-77	Источники и метеорологические факторы загрязнения, промышленные выбросы. Термины и определения	То же
ГОСТ 2093-82	Топливо твердое. Ситовый метод определения гранулометрического состава	1.3: 1.4
СТ ИСО 4225-80	Качество воздуха. Общие положения. Словарь	Приложение А
ОНД-86	Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий	2.1:2.3
ОСТ 153-34.0-02-021-99	Охрана природы. Атмосфера. Тепловая энергетика. Термины и определения	1.1
РД 153-34.02.303-98	Инструкция по нормированию выбросов в атмосферу для тепловых электростанций и котельных	1.2
РД 34.35.513-83	Типовая инструкция по эксплуатации каскадного импактора для измерения дисперсного состава летучей золы в дымовых газах ТЭС	1.15
РД 34.27.301-91	Методика испытаний золоулавливающих установок тепловых электростанций и котельных	1.2

Окончание приложения Б

1	2	3
РД 34.44.214-96	Топливо твердое минеральное. Определение химического состава золы рентгенофлуоресцентным методом	1.16
–	Коузов П.А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей. (М.: Химия, 1976)	1.2: 1.4: 1.6: 2.4
–	Пейсахов И.Л., Лютин Ф.Б. Атлас диаграмм и номограмм по газопылевой технике, (М: Металлургия.1974)	2.5

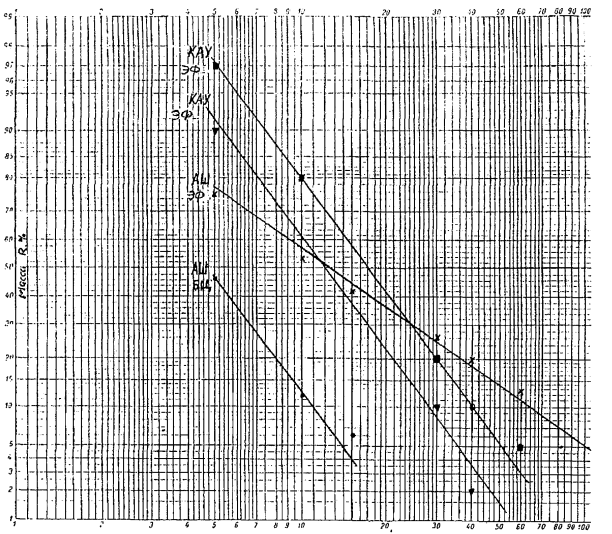
Приложение В
(справочное)

ДИСПЕРСНЫЙ СОСТАВ ЛЕТУЧЕЙ ЗОЛЫ ПОСЛЕ РАЗЛИЧНЫХ ЗОЛОУЛОВИТЕЛЕЙ

Топливо	Тип золоуловителя	Степень очистки газа, %	Фракция золы, мкм					
			>5	> 10	> 15	> 30	>40	>60
Донецкий АШ	Электрофильтр (ЭФ)	90,8	75,0	53,5	42,0	26,5	20,5	13,0
		92,5	80,0	57,0	41,0	20.0	14,0	7,0
		96,5	55,0	36,5	30,0	19,0	14,0	7,5
	Топка с ЖШУ+БЦ	90,0	73,0	21,5	9,0	2,0	1,2	0,0
	БЦ+МП-ВТИ 02300 мм	93,5	46.0	13,0	6,5	0,2	0,0	0,0
	Топка с ЖШУ+БЦ+ЭФ	99,0	55,0	9.5	3,5	1,0	0,3	0,0
	Скруббер ЦС ВТИ	89,5	69,5	15,5	8,35	5,39	4,0	0,0
Канско-ачинский уголь (КАУ)	Электрофильтр		> 5	> 10	>20	>30	>40	>50
		93,5	97,0	80,0	80.0	20,0	10,0	5,0
		93,8	97,5	85,0	85,0	28,0	16,0	9,0
		95,1	96,5	77,0	77,0	13,0	5,0	2,0
		97,8	90,0	55,0	55,0	10,0	2,0	0,0

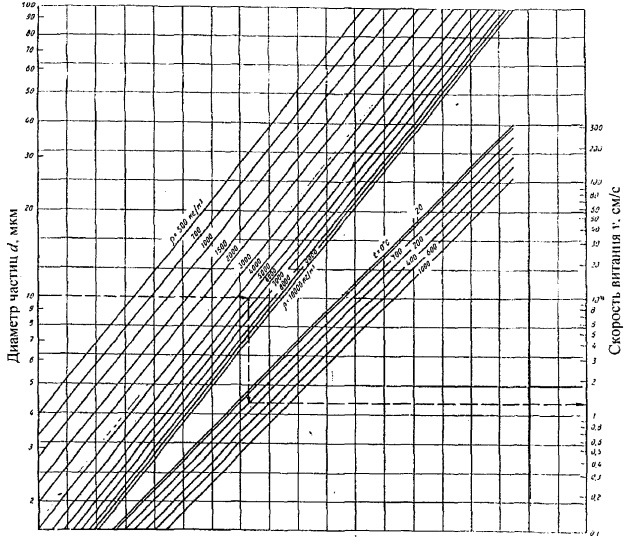
Приложение Г
(справочное)

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ *R* ЛЕТУЧЕЙ ЗОЛЫ ПО ДИАМЕТРАМ *d* ЧАСТИЦ (ПО ФРАКЦИЯМ)



Приложение Д
(обязательное)

НОМОГРАММА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ВИТАНИЯ ЧАСТИЦ



Приложение Е
(справочное)

РАСЧЕТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ОСЕДАНИЯ *F* С УЧЕТОМ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА ЛЕТУЧЕЙ ЗОЛЫ УГЛЕЙ

Топливо	Тип золоуловителя[1)]	Степень очистки, %	d_5, мкм	v_g, см/с	$u_м$ = 5 м/с		$u_м$ =7 м/с		$u_м$ = 10 м/с	
					$v_g/u_м$	F	$v_g/u_м$	F	$v_g/u_м$	F
Донецкий АШ	Электрофильтр (ЭФ)	90,8	100	52	0,104	2,0	0,074	2,0	0,052	2,0
		92,5	65	22	0,044	2,0	0,031	2,0	0,022	1,5
		96,5	60	20	0,040	2,0	0,030	1,5	0,020	1,5
	Топка с ЖШУ+БЦ	90,0	20	3	0,006	1,0	0,004	1,0	0,003	1,0
	БЦ+МП - ВТИ	93,5	14	5	0,010	1,0	0,007	1,0	0,005	0,1
	Топка с ЖШУ+БЦ+ЭФ	99,0	12	3	0,006	1,0	0,004	1,0	0,003	1,0
	Скруббер ЦС ВТИ	89,5	30	10	0,020	1,5	0,014	1,0	0,010	1,0
Канско-Ачинский уголь (КАУ)	ЭФ	93,8	50	20	0,040	2,0	0,028	1,5	0,020	1,5
		95,1	40	11	0,022	1,5	0,016	1,5	0,011	1,0
		97,8	35	10	0,020	1,5	0,014	1,0	0,010	1,0

[1)] Коэффициент оседания F, принимаемый для указанных типов золоуловителей только по степени очистки, равен 2,0, кроме скруббера, для которого он составляет 2,5.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Определение фракционного состава летучей золы ТЭС, выбрасываемой в атмосферу..... 4

2. Определение коэффициента оседания *F* с учетом дисперсности летучей золы..... 6

Приложение А Термины и определения..... 9

Приложение Б Перечень нормативных документов,на которые даны ссылки в СО 34.02.319-2001 (РД 153.34.1-02.319-2001)..... 12

Приложение В Дисперсный состав летучей золы после различных золоуловителей..... 14

Приложение Г Распределение массы *R* летучей золы по диаметрам частиц *d* (по фракциям)..... 15

Приложение Д Номограмма для определения скорости витания частиц..... 16

Приложение Е Расчетные значения коэффициента оседания *F* с учетом дисперсного состава летучей золы углей..... 17

gost.e-ecolog.ru