ГОССТРОЙ СССР
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ
САНТЕХПРОЕКТ

Р Е К О М Е Н Д А Ц И И

по безотходному производству
(использование шлака и золы котельной)

КЗ-179

gost.e-ecolog.ru

Настоящие рекомендации предназначены для ознакомления проектировщиков котельных установок с принципами изготовления безобжигового зольного гравия - как решения безотходного производства, что исключает из состава проекта котельной золоотвалы.

В случае заинтересованности в выполнении проекта цеха по переработке золы и шлака следует обращаться в специализированную организацию ГлавстройНИИпроекта Министерства промышленности строительных материалов СССР.

Рекомендации составил инж. Е.Д.Раскин.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
I. Общая часть	3
2. Характеристика безобжигового зольного гравия	4
3. Схема технологического процесса изготовления безобжигового зольного гравия	4
4. Требования, предъявляемые к золе	7
5. Выводы и предложения	7
6. Приложения	9

© Государственный проектный институт Сантехпроект Главстройпроекта Госстроя СССР (ГПИ Сантехпроект), 1985

I. Общая часть

Закон об охране земли, постановления Совета Министров СССР об охране окружающей среды и использовании отходов предопределяют необходимость создания безотходной технологии на тепловых электростанциях и в крупных котельных.

При существующей в Советском Союзе практике вопрос использования золы решается, в основном, путем отбора сухой золы из электрофильтров, складирования ее и отгрузки потребителям железнодорожным транспортом. Опыт эксплуатации показал ненадежность принятой схемы из-за перебоев в подаче железнодорожных вагонов и неподготовленности потребителей.

Более перспективной схемой использования золы и шлака является переработка их в готовую продукцию (безобжиговый зольный гравий - БЗГ) в цехах (установках), входящих в состав ТЭС или котельной. Это подтверждается и зарубежным опытом, например, тепловая электростанция в Шловене (ФРГ). Более рационально сооружение таких цехов (установок) в крупных котельных, расположенных вблизи от места потребления. Выход золы в них составляет не менее 50 тыс.т в год.

БЗГ используется в качестве крупного заполнителя для бетонов взамен традиционных дорогостоящих гравия и щебня, а также керамзита и аглопорита. БЗГ является искусственным пористым заполнителем, получаемым в результате грануляции сырьевой смеси, увлажненной до 25-30 %. Сырьевая смесь приготовляется путем совместного помола 80-85 % пылевидной золы котельной (ТЭС) и 20-15 % портландцемента или других минеральных вяжущих. Прочность гранул предопределяется гидратационным твердением исходной смеси.

Себестоимость БЗГ составляет 4,7 руб/м^3 при производительности 40 тыс.м^3 в год, а при производительности 100 тыс.м^3 - 3,2-3,5 руб/м^3, то есть себестоимость БЗГ примерно в 2 раза меньше себестоимости керамзита, которая равна 6-8 руб/м^3.

При использовании БЗГ в изготовлении железобетонных изделий взамен керамзитового гравия экономический эффект составит 3173 тыс.руб. в год при производительности 60 тыс.м^3 в год.

2. Характеристика безобжигового зольного гравия

Безобжиговый зольный гравий представляет собой пористый искусственный заполнитель, получаемый в результате закатки и кратковременной тепловой обработки водой молотой смеси золы и цемента. В смесь вводится дробленный шлак в количестве 5-10 %.

Требования к безобжиговому гравию регламентируются ГОСТ 9757-73 "Заполнители пористые неорганические для легкого бетона. Классификация и общие технические данные"

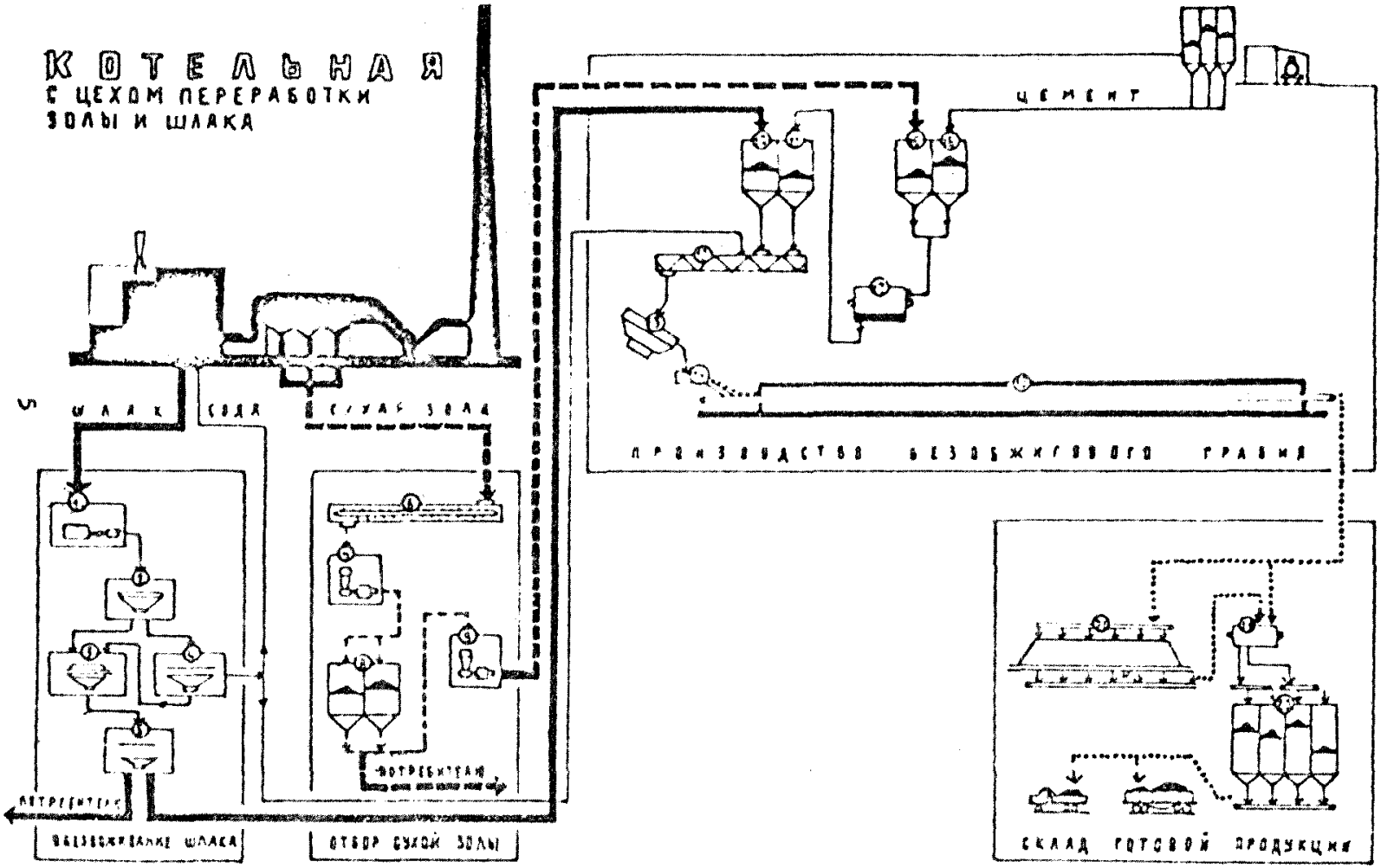
БЗГ предназначен для использования в качестве крупного заполнителя при изготовлении легких бетонов марки 200, 300 и 400 с объемной массой 1750-1900 кг/м^3 изделий.

Основные физико-механические свойства БЗГ:

плотность - 750÷1000 кг/м^3; прочность при сжатии - 1,47÷4,9 МПа; водопоглощение - 20÷25 %; коэффициент размягчения - 0,9÷1.

3. Схема технологического процесса изготовления безобжигового зольного гравия

Шлаковая пульпа из котлов самотеком поступает в багерную насосную (рис.1). Из багерной насосной насосами


КОТЕЛЬНАЯ
С ЦЕХОМ ПЕРЕРАБОТКИ
ЗОЛЫ И ШЛАКА
ЦЕМЕНТ
ПРОИЗВОДСТВО БЕЗОБЖИГОВОГО ГРАВИЯ
ШЛАК
ВОДА
СУХАЯ ЗОЛА
ПОТРЕБИТЕЛЯМ
ПОТРЕБИТЕЛЯМ
ОБЕЗВОЖИВАНИЕ ШЛАКА
ОТБОР СУХОЙ ЗОЛЫ
СКЛАД ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

пульпа подается в конический грохот 2 отделения приема и обезвоживания шлака. Сгущенная пульпа влажностью до 30 % подается в ленточный вакуум-фильтр 3, радиальный сгуститель 4 на обезвоживание до влажности 20 %. Осветленная вода с загрязнением до 5 мг/л поступает в оборотную систему шлакоудаления, а обезвоженный шлак направляется в двухвалковую дробилку 5 для дробления. Шлак с частицами размером до 5 мм поступает в бункер шлака I0. Запроектирована резервная линия оборудования по приему и переработке шлаковой пульпы от котельной.

Зола пневмотранспортом из золоуловителей подается в отделение производства зольного гравия на скребковый конвейер 6, далее пневматическим насосом 7 направляется в силосный склад 8, с силосного склада пневматическим насосом 9 она подается в бункер золы I5, откуда вместе с цементом из бункера I6 поступает в шаровую мельницу I7. Золоцементная смесь из шаровой мельницы подается в бункер золоцементной смеси II.

Дробленый шлак из бункера I0 и золоцементная смесь из бункера II поступают на двухвальный смеситель I2, гранулятор I3 и с помощью роликового укладчика I4 безобжиговый зольный гравий поступает на конвейер I8. С конвейера I8 безобжиговый зольный гравий может поступать на промежуточный склад гравия 2I или на гравиесортировку I9. Безобжиговый зольный гравий отсортированный на фракции размерами 5–I0 и I0–20 мм поступает в силосный склад гравия 20.

Склад гравия 20 имеет приспособление для погрузки гравия в железнодорожные вагоны или в автотранспорт местным потребителям.

Предусмотрена возможность отпуска местным потребителям шлака после валковой дробилки 5 и золы из силосного склада 8.

Предпочтительными районами строительства цехов БЗГ следует считать районы, приближенные к месту добычи углей и снабжаемые электроэнергией по более низкому по сравнению с европейской частью СССР тарифами.

4. Требования, предъявляемые к золе

Содержание остатков несгоревшего топлива должно быть не более:

для зол от сжигания каменных углей и антрацита - 20-25 %, для зол бурых углей - 5-7 %.

Содержание свободной окиси кальция должно быть не более 3-5 %, сульфидной серы - не более I %, а общее содержание серы в пересчете на SO_3 - не более 5 %. Дисперсность пылевидной золы и химический состав золы не регламентируются.

В приложении приводятся сведения о химическом составе золы при сжигании углей различных месторождений.

5. Выводы и предложения

Решение вопроса об использовании шлака и золы следует рассматривать как одно из основных мероприятий при получении исходных данных для проектирования. Приступать к разработке проекта (независимо от стадии) без решения вопроса об утилизации шлака и золы не рекомендуется. Народно-хозяйственный эффект при строительстве котельных, работающих на каменных и бурых углях, в комплексе с цехом по производству зольного гравия обеспечивается за счет:

сокращения суммарных затрат на строительство котельных в результате исключения шлакозолоотвалов и шлакозолопроводов из состава сооружений;

использования зольного гравия в качестве заполнителя бетонов взамен более дорогостоящих керамзита и аглопоритовых заполнителей;

сохранения для хозяйственной деятельности земель, изымаемых под шлакозолоотвалы и карьеры по добыче природных заполнителей;

снижения запыленности окружающей среды в районах эксплуатации котельных при сжигании каменных и бурых углей.

6. Приложение

Паспорта летучей золы

Наименование золы	№ паспорта
Зола от сжигания угля Березовского месторождения	I
Зола угля Назаровского месторождения	2
Зола угля Ирша-Бородинского месторождения	3
Зола угля Райчихинского месторождения	4
Зола угля Ангренского месторождения	5
Зола угля Черемховского месторождения	6
Зола угля Подмосковного бассейна	7
Зола угля марки Т Донецкого бассейна	8
Зола угля Варкутинского месторождения	9
Зола угля Карагандинского месторождения	I0
Зола угля Нерюнгринского месторождения	II
Зола угля марки Т Кузнецкого бассейна	I2
Зола угля марки СС Экибастузского бассейна	I3
Зола угля марки СС Экибастузского бассейна	I4

П А С П О Р Т № I

Зола от сжигания угля Березовского месторождения ($Q_н^p$ = I3,6 МДж/кг; A^p = 7 %; W^p = 35,5 %; S^p = 0,2%, размол мельницей МВ-50-I60) в котле типа БКЗ-2I0-I40. Проба отобрана из газохода перед электрофильтром.

Морфология частиц золы. Частицы неправильной формы с включением сферических блестящих частиц голубоватого оттенка в проходящем свете и крупных оплавленных частиц коричневого цвета. Частицы размером менее 20 мкм в основном светлые, волокнистой формы. В общей массе цвет пыли коричневый.

ДИСПЕРСНЫЙ СОСТАВ
(седиментация в керосине)

d , мкм	2,5	4	6,3	I0	I6	25	40
q , %	93,5	87	75	57	32	I2	2,5
v , см/с	0,04	0,I	0,26	0,66	I,7I	4,I8	I0,7

d_{50} = II,5 мкм; σ = 2,67; $S_{уд}$ = 5800 см^2/г.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗОЛЫ

$\gamma_м$ = 2800 кг/м^3; $\gamma_{н/у}$ = I0I0 кг/м^3; $\gamma_у$ = I330 кг/м^3;

$\alpha_{ст}$ = 69,5^0; α_q = 40,7^0; Р = I02 Па; $K_а$ = 4,25 · 10^{-11} м^2/кг

УДЕЛЬНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ (УЭС)
СЛОЯ ЗОЛЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

УЭС, Ом·м	$2 \cdot 10^7$	Максимум УЭС
Т, °С	20	-

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗОЛЫ

Компоненты	ппп	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	TiO_2	SO_3	K_2O	Na_2O
Содержание, %	1,6	31,4	11,8	11,5	33,5	4,7	0,6	2,2	0,6	0,7

pH водной вытяжки 10.

РАВНОВЕСНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ЗОЛЫ $\varphi_п$ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА $\varphi_в$

$\varphi_п$, %	0,16	0,18	0,27	0,54	1,56	3,9
$\varphi_в$, %	10	20	40	60	80	95

При смачивании водой пыль схватывается.

ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЗА-НОСИТЕЛЯ

$t_г$ = 120°С; Z = 4,1 г/нм^3.

Содержание в газе, %: RO_2 – 11,6; O_2 – 7,8.

П А С П О Р Т № 2

Зола от сжигания угля Назаровского месторождения ($Q_н^р$ = 15,7 МДж/кг; $A^р$ = 9 %; $W^р$ = 33 %; $S^р$ = 0,2 %) в котле типа БКЗ-320 Новосибирской ТЭЦ-3. Проба отобрана из бункера электрофильтра ($\eta \approx 99$ %).

Морфология частиц золы. Частицы овальной и сферической формы серого цвета, мелкие частицы размером до 5-10 мкм и грубые более 50 мкм неправильной формы с острыми гранями. Мелкие частицы - светло-серого, грубые - темно-коричневого цвета. В общей массе цвет пыли серо-коричневый.

ДИСПЕРСНЫЙ СОСТАВ
(седиментация в керосине)

d, мкм	2,5	4	6,3	10	16	25	40
q, %	92,5	87	79	67,4	52	37	23
V, см/с	0,04	0,1	0,26	0,66	1,7	4,15	10,6

d_{50} = 17 мкм; σ = 3,55; $S_{уд}$ = 4900 $см^2/г$.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗОЛЫ

$\gamma_м$ = 2810 $кг/м^3$; $\gamma_{н/у}$ = 1240 $кг/м^3$; $\gamma_у$ = 1670 $кг/м^3$; $\alpha_{ст}$ = 55°; α_q = 44,5°; Р = 310 Па; $К_а$ = 1,9 · 10^{-11} $м^2/кг$.

УЭС СЛОЯ ЗОЛЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

УЭС, Ом.м	$1,1 \cdot 10^8$	Максимум УЭС
Т, °С	20	-

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗОЛЫ

Компоненты	ппп[x]	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O
Содержание, %	0,9	34,6	9,3	II,6	32	8,I	2,4	0,3	0,6

pH водной вытяжки I0.

РАВНОВЕСНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ЗОЛЫ φ_n ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА $\varphi_в$

φ_n, %	0,2	0,3	0,37	0,65	I,I	2,05
$\varphi_в$, %	I0	20	40	60	80	95

При смачивании водой пыль схватывается.

ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЗА-НОСИТЕЛЯ

$t_г$ = I50°C; Z = 6,5 ÷ 9,5 г/нм³.

[x] Здесь и далее п п п - потери при прокаливании.

П А С П О Р Т № 3

Зола от сжигания угля Ирша-Бородинского месторождения ($Q_н^р$ = 15 МДж/кг; $A^р$ = 7,3 %; $W^р$ = 33 %; $S^р$ = 0,2%) в котле типа БКЗ-320/140 Красноярский ТЭЦ № 1. Проба отобрана из бункера электрофильтра (η = 94 %).

Морфология частиц золы. Частицы сферической и овальной формы, имеются включения крупных (более 30 мкм) частиц неправильной формы, аморфной структуры, черного и коричневого цвета. В общей массе цвет пыли серо-коричневый.

ДИСПЕРСНЫЙ СОСТАВ
(ротационная сепарация в лаборатории)

d, мкм	2,5	4	6,3	10	16	25	40
φ, %	97	94	88	70	42	16	4
V, см/с	0,05	0,12	0,3	0,8	2	5	13

d_{50} = 13 мкм; $S_{уд}$ = 2170 $см^2/г$.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗОЛЫ

$\gamma_м$ = 2680 $кг/м^3$; $\gamma_{н/у}$ = 1260 $кг/м^3$; $\gamma_у$ = 1510 $кг/м^3$
$\alpha_{ст} = 54^0$; $\alpha_\varphi = 35^0$; P = 18 Па; $К_а = 1,71 \cdot 10^{-11} м^2/кг$.

УЭС СЛОЯ ЗОЛЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

УЭС, Ом·м	$7 \cdot 10^9$	$2 \cdot 10^9$	$4,5 \cdot 10^9$	$1 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^8$	$3 \cdot 10^8$	Максимум УЭС $4,6 \cdot 10^9$
T, °C	20	50	100	150	200	250	110

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗОЛЫ

Компоненты	ппп	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	TiO_2	Na_2O	K_2O	SO_3
Содержание, %	I,7	47,6	6,8	7,6	26	5,0	0,6	I,5	I,4	I,8

pH водной вытяжки II,5.

РАВНОВЕСНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ЗОЛЫ $\varphi_п$ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА $\varphi_в$

$\varphi_п$, %	0,32	0,42	0,55	0,63	0,74	0,85
$\varphi_в$, %	I0	20	40	60	80	95

При смачивании водой пыль схватывается.

П А С П О Р Т № 4

Зола от сжигания угля марки Б-2 Райчихинского месторождения ($Q_н^р$ = 13,2 МДж/кг; $A^р$ = 8,77 %; $W^р$ = 36,89 %; $S^р$ = 0,3 %, размол мельницей ШМА-1500/1181/730) в котле типа ПГКТИ-75-39Ф Райчихинской ГРЭС. Проба отобрана из газохода перед золоуловителем.

Морфология частиц золы. Частицы оплавлены, имеют овальную и сферическую форму с включением грубых темных частиц неправильной формы с оплавленными краями. В общей массе цвет пыли темно-серый.

ДИСПЕРСНЫЙ СОСТАВ
(седиментация в керосине)

d, мкм:	4	6,3	10	16	25	40
q, %	98,8	97	91	73	37	4
v, см/с	0,12	0,3	0,74	1,88	4,6	12

d_{50} = 22,5 мкм; $S_{уд}$ = 2110 см^2/г.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗОЛЫ

$\gamma_м$ = 2460 кг/м^3; $\gamma_{н/у}$ = 950 кг/м^3; $\gamma_у$ = 1120кг/м^3
$\alpha_{ст}$ = 58°; α_q = 28°; Р = 49 Па; $К_а$ = 1,4·10^{-11}м^2/кг.

УЭС СЛОЯ ЗОЛЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

УЭС, Ом·м:	1,5·10^9	8,0·10^9	4,0·10^{10}	3,0·10^{10}	1,7·10^{10}	1,1·10^{10}
Т, °С	20	50	100	150	200	250

Максимум УЭС $\frac{4,2 \cdot 10^{10}}{130}$

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗОЛЫ

Компоненты	ппп	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	SO_3
Содержание, %	0,35	40,1	20,8	I4,7	I4,2	4,5	I	0,I5	0,5

pH водной вытяжки 8.

РАВНОВЕСНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ЗОЛЫ φ_n ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА $\varphi_в$

φ_n, %	0,085	0,09	0,098	0,II	0,I7
$\varphi_в$, %	20	40	60	80	95

Смачиваемость 99 %.

ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЗА-НОСИТЕЛЯ

$t_г$ = 580°С; Z = I6 г/нм^3.

Содержание в газе, %: RO_2 - I6,5; O_2 - 3,5.

П А С П О Р Т № 5

Зола от сжигания бурого угля Ангренского месторождения ($Q_н^р$ = 13,6 МДж/кг; $A^р$ = 14,3 %; $W^р$ = 35 %; $S^р$ = = 1,3 %) в котле типа ТП-230-2 (α = 1,24; t = 1340°С) Ангренской ГРЭС. Проба отобрана из газохода перед золоуловителем.

Морфология частиц золы. Частицы оплавлены, овальной и неправильной формы с включением сферических частиц размером 10-30 мкм коричневого цвета в проходящем свете. Грубые частицы черного цвета, пористые. Мелкие частицы в основной массе светло-серые пластинчатой и игольчатой формы. В общей массе цвет пыли темно-серый.

ДИСПЕРСНЫЙ СОСТАВ
(седиментация в керосине)

d, мкм	4	6,3	10	16	25	40	63
q, %	97	92,5	84	71	55	40	25
v, см/с	0,09	0,24	0,6	1,56	3,8	9,8	24

d_{50} = 30 мкм, σ = 3 ; $S_{уд}$ = 2415 см^2/г.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗОЛЫ

$\gamma_м$ = 2700 кг/м^3; $\gamma_{н/у}$ = 830 кг/м^3; $\gamma_у$ = 950 кг/м^3; $\alpha_{ст}$ = 57°; α_q = 38°; Р = 59 Па; $К_а$ = 4,3·10^{-11} м^2/кг.

УЭС СЛОЯ ЗОЛЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

УЭС, Ом·м	5·10^8	2,2·10^8	6·10^8	9,6·10^9	1,5·10^{10}	6,4·10^9	Максимум УЭС 2·10^{10}
T, °С	20	50	100	150	200	250	180

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗОЛЫ

Компоненты	ппп	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	SO_3
Содержание, %	5,9	45,6	I7,5	II	II	3,7	0,6	0,85	2

pH водной вытяжки 9,5.

РАВНОВЕСНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ЗОЛЫ φ_n ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА $\varphi_в$

φ_n, %	0,2	0,25	0,4	0,8	I,5	2,I
$\varphi_в$, %	I0	20	40	60	80	95

Смачиваемость золы 97 %.

ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЗА-НОСИТЕЛЯ

$t_г$ = I70°C; Z = I7,6 г/нм^3.

Содержание в газе, %: RO_2 - II,7; O_2 - 4,I.

П А С П О Р Т № 6

Зола от сжигания угля Черемховского месторождения ($Q_н^р$ = 17,4 МДж/кг; $W^р$ = 13,3 %; $A^р$ = 27,8 %; $S^р$ = 0,96%, размол мельницей Ш-16 до остатка на сите 70 мкм, равного 30,6 %) в котле типа ПК-10 Иркутской ТЭЦ-1. Проба отобрана из бункера электрофильтра.

Морфология частиц золы. Частицы пыли оплавлены, неправильной и овальной формы, с включением сферических частиц размером 5-30 мкм. Мелкие частицы - светло-серые неправильной формы. Частицы грубее 100 мкм - темно-серого цвета с пористой поверхностью. В общей массе цвет пыли серый.

ДИСПЕРСНЫЙ СОСТАВ
(седиментация в керосине)

d, мкм	2,5	4	6,3	10	16	25	40
q, %	95	90	83	70	55	40	23
V, см/с	0,02	0,06	0,17	0,44	1,72	2,75	6,4

d_{50} = 19 мкм; σ = 3,3; $S_{уд}$ = 3720 см^2/г.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗОЛЫ

$\gamma_м$ = 2070 кг/м^3; $\gamma_{н/у}$ = 690 кг/м^3; $\gamma_у$ = 960 кг/м^3

$\alpha_{ст}$ = 62°; α_q = 36°; P = 68 Па.

УЭС СЛОЯ ЗОЛЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

УЭС, Ом·м	$2\cdot10^9$	$6{,}2\cdot10^9$	$3\cdot10^{10}$	$3{,}8\cdot10^{10}$	$0{,}8\cdot10^{10}$	Максимум УЭС
T, °C	20	50	100	150	200	-

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗОЛЫ

Компоненты	ппп	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	K_2O	Na_2O
Содержание, %	2,1	63,5	17,9	6,7	4,5	0,7	0,4	1,2	0,2

pH водной вытяжки 7,5.

РАВНОВЕСНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ЗОЛЫ $\varphi_п$ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА $\varphi_в$

$\varphi_п$, %	0,15	0,18	0,24	0,33	0,44	0,55
$\varphi_в$, %	10	20	40	60	80	95

Смачиваемость 92 %.

ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЗА-НОСИТЕЛЯ

$t_г$ = 190 ÷ 210°С; Z = 22,9 ÷ 25,6 г/нм^3.

Содержание в газе, %: RO_2 - 13; O_2 - 1,4.

П А С П О Р Т № 7

Зола от сжигания угля Подмосковного бассейна ($Q_н^р$ = 9,58 МДж/кг; $A^р$ = 29,6 %; $W^р$ = 30,6 %; размол мельницей ШБМ 280/470) в котле типа ТП-51 (t = 1200°С; α = 1,3) Черепетской ГРЭС. Проба отобрана из газохода перед электрофильтром.

Морфология частиц золы. Частицы с оплавленными гранями, с включением частиц размером 5-40 мкм сферической формы, в проходящем свете полупрозрачных, блестящих, серого цвета. Частицы крупнее 40 мкм серого цвета пластинчатой формы с оплавленными гранями. Встречаются частицы коричневого цвета овальной формы. В общей массе пыль светло-серого цвета.

ДИСПЕРСНЫЙ СОСТАВ

(ротационная сепарация в промышленных условиях)

d, мкм	2,5	4	6,3	I0	I6	25	40
q, %	88	82	74	62	49	33	20
v, см/с	0,04	0,II	0,3	0,7	I,8	4,2	II

d_{50} = I5 мкм; σ = 4; $S_{уд}$ = 3950 см^2/г.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗОЛЫ

$\gamma_м$ = 2240 кг/м^3; $\gamma_{н/у}$ = 780 кг/м^3; $\gamma_у$ = 960кг/м^3; $\alpha_{ст}$ = 58°; α_q = 35°; Р = I34 Па; $К_а$ = I,48·I0^{-II} м^2/кг.

УЭС СЛОЯ ЗОЛЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

УЭС, Ом·м	I,5·I0^7	2,5·I0^8	6·I0^9	I,5·I0^9	5·I0^8	2,7·I0^8	Максимум УЭС 6·I0^9
T, °C	20	50	I00	I50	200	250	I00-I20

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗОЛЫ

Компоненты	ппп	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	TiO_2	SO_3
Содержание, %	0,6	51	32,1	7,4	3,6	0,7	0,7	1,7	0,4	1,2

pH водной вытяжки 5,5.

РАВНОВЕСНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ЗОЛЫ φ_n ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА $\varphi_в$

φ_n, %	0,21	0,27	0,3	0,33	0,48	1,24
$\varphi_в$, %	10	20	40	60	80	95

Смачиваемость 96 %.

ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЗА-НОСИТЕЛЯ

$t_г$ = 160°С; Z = 28 г/нм^3; $t_р^в$ = 142°С;
φ = 54,6 г/нм^3.

Содержание в газе, %:
CO_2 - 8,1; O_2 - 5,8; CO - 0,05; SO_2 - 0,36.

П А С П О Р Т № 8

Зола от сжигания угля марки Т Донецкого бассейна ($Q_н^р$ = 27,2 МДж/кг; $A^р$ = I7 %; $W^р$ = 4,5 %; $S^р$ = 2,5 %; размол мельницей ММА I640/2024) в котле типа ТП-I70 (с шахтно-мельничной топкой) Ярославской ТЭЦ № 2. Проба отобрана из бункера опытного батарейного циклона.

Морфология частиц золы. Частицы менее 20 мкм в основной массе имеют игольчатую и пластинчатую форму с оплавленными гранями, в проходящем свете светло-серые. Среди частиц размером I0-40 мкм 30-40 % частиц сферических, блестящих, светлых тонов в отраженном свете. Крупные частицы неправильной формы черного цвета. В общей массе пыль темно-серая.

ДИСПЕРСНЫЙ СОСТАВ
(седиментация в этиловом спирте)

d, мкм	2,5	4	6,3	I0	I6	25	40
q, %	97,6	95	90,5	80	65	45	23
V, см/с	0,04	0,II	0,29	0,73	I,85	4	II

d_{50} = 23 мкм; G = 2,56; $S_{уд}$ = I650 см^2/г.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗОЛЫ

$\gamma_м$ = 24I0 кг/м^3; $\gamma_{н/у}$ = 890 кг/м^3; $\gamma_у$ = I030кг/м^3
$\alpha_{ст}$ = 48°; α_q = 35°; Р = 23 Па; $К_а$ = I,2·I0^{-II} м^2/кг.

УЭС СЛОЯ ЗОЛЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

УЭС, Ом·м	5·I0^9	4·I0^{I0}	I,0·I0^{II}	3·I0^{I0}	8·I0^9	Максимум УЭС I,0·I0^{II}
Т, °С	50	I00	I50	200	250	I40-I50

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗОЛЫ

Компоненты	ппп	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	TiO_2	Na_2O	K_2O	SO_3
Содержание, %	2,7	46,7	I8,3	I7,7	3,4	4	0,2	0,9	0,9	I,3

pH водной вытяжки 7,5.

РАВНОВЕСНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ЗОЛЫ φ_n ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА $\varphi_в$

φ_n, %	0,47	0,55	0,64	0,73	0,84
$\varphi_в$, %	20	40	60	80	95

Смачиваемость 93 %.

ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЗА-НОСИТЕЛЯ

$t_г$ = I55°C; Z = I4,3 г/нм^3; $t_р^в$ = I23°C;
φ = 65,5 г/нм^3.

П А С П О Р Т № 9

Зола от сжигания угля марки ПЖ Воркутинского месторождения ($Q_н^р$ = 20 МДж/кг; $A^р$ = 35 %; $W^р$ = 5,5 %; $S^р$ = 0,7 %; размол мельницей Ш-I0) в котле типа ТП-I70 (t = I900°С; α = I,35) Воркутинской ТЭЦ. Проба отобрана из бункера батарейного циклона.

Морфология частиц золы. Большая часть частиц сферической формы, 30-40 % частиц размером до 30 мкм - блестящие прозрачные шарики, бесцветные в отраженном свете. Мелкие частицы серовато-белые, пластинчатые и волокнистые Среди частиц размером 30-40 мкм встречаются оплавленные частицы коричневого цвета с развитой поверхностью. Частицы более I00 мкм - черные неправильной формы. В общей массе цвет пыли серо-коричневый.

ДИСПЕРСНЫЙ СОСТАВ

(ротационная сепарация в лаборатории)

d, мкм	2,5	4	6,3	I0	I6	25	40
q, %	99,5	99	96	88	70	48	22
v, см/с	0,02	0,I	0,3	0,6	I,7	4	I0,4

d_{50} = 24 мкм; σ = 2,02; $S_{уд}$ = I970 см^2/г.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗОЛЫ

$\gamma_м$ = 2I00 кг/м^3; $\gamma_{н/у}$ = 560 кг/м^3; $\gamma_у$ = 670 кг/м^3; $\alpha_{ст}$ = 59°; α_q = 43°; P = 36 Па; $K_а$ = I,43·I0^{-II} м^2/кг

УЭС СЛОЯ ЗОЛЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

УЭС, Ом·м	2,5·I0^8	I,3·I0^{I0}	4,5·I0^{I0}	8·I0^9	3,5·I0^9	I,7·I0^9
T, °C	20	50	I00	I50	200	250
			Максимум УЭС 4,5·I0^{I0}			I00

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗОЛЫ

Компоненты	ппп	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	TiO_2	Na_2O	K_2O	SO_3
Содержание, %	I,9	62,2	I9,I	8,6	3,I	I,6	I,0	0,4	2,0	0,8

pH водной вытяжки 7.

РАВНОВЕСНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ЗОЛЫ $\varphi_п$ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА $\varphi_в$

$\varphi_п$, %	0,I2	0,I4	0,I5	0,2	0,43	0,83
$\varphi_в$, %	I0	20	40	60	80	95

Смачиваемость 98 %.

ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЗА-НОСИТЕЛЯ

$t_г$ = I60°C.

П А С П О Р Т № I0

Зола от сжигания угля марок КР+КСШ Карагандинского бассейна ($Q_н^р$ = 20,4 МДж/кг; $W^р$ = 7,7 %; $A^р$ = 30,I %; $S^р$ = 0,9 %; размол мельницей ШБМ-287/470) в котле типа ТП-240 Черепетской ГРЭС. Проба отобрана из газохода перед электрофильтром.

Морфология частиц золы. Частицы игольчато-волокнистой и овальной формы. В проходящем свете большая часть частиц светло-серого цвета, в отраженном - бесцветные; сферические частицы - темно-серые. Частицы крупнее 50мкм в основном коричневого и черного цвета. В общей массе пыль серого цвета.

ДИСПЕРСНЫЙ СОСТАВ

(седиментация в этиловом спирте)

d, мкм	2,5	4	6,3	I0	I6	25	40
q, %	94,8	90	82	68	49	30	I3
V, см/с	0,03	0,07	0,I9	0,47	I,2I	2,94	7,5

d_{50} = I5,5 мкм; G = 2,83; $S_{уд}$ = 6900 см^2/г.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗОЛЫ

$\gamma_м$ = 2020 кг/м^3; $\gamma_{н/у}$ = 632 кг/м^3; $\gamma_у$ = 900кг/м^3;

$\alpha_{ст}$ = 58°; α_q = 44°; Р = 58 Па.

УЭС СЛОЯ ЗОЛЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

УЭС, Ом·м	$5,8\cdot10^7$	$2,3\cdot10^8$	$5,6\cdot10^9$	$I,2\cdot10^{I0}$	$I,6\cdot10^{I0}$	Максимум УЭС
Т, °С	20	50	I00	I50	200	$I,8\cdot10^{I0}$
						I60-I70

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗОЛЫ

Компоненты	ппп	SiO_2	Al_2O	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2O_3	K_2O
Содержание,%	3,6	57,7	24,8	3,8	3,0	3,5	0,48	0,6	I,4

pH водной вытяжки 7.

РАВНОВЕСНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ЗОЛЫ φ_n ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА $\varphi_в$

φ_n ,%	0,07	0,I	0,I8	0,28	0,4	0,57
$\varphi_в$,%	I0	20	40	60	80	95

Смачиваемость 86 %.

ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЗА-НОСИТЕЛЯ

$t_г$ = I50÷I60°C; Z = 43,2 г/нм^3; φ = 56 г/нм^3.

Содержание в газе, %: RO_2 - I2,5; O_2 - 4,5.

П А С П О Р Т № II

Зола от сжигания угля марки СС Нерюнгринского месторождения ($Q_н^р$ = 24,8 МДж/кг; $A^р$ = I2,5 %; $W^р$ = I0 %; размол мельницей ШБМ 250/300) в котле типа ЦКТИ 75-39-2Ф (t = 2000°С; α = I,2) Чульманской ГРЭС. Проба отобрана из газохода перед воздухоподогревателем.

Морфология частиц золы. Мелкие частицы овальной и волокнистой формы светлых тонов, с включением темных частиц неправильной формы с металлическим блеском в отраженном свете. Частицы крупнее 50 мкм в основном неправильной формы с острыми гранями, пористые, черные. В общей массе пыль темно-серого цвета.

ДИСПЕРСНЫЙ СОСТАВ
(ротационная сепарация в лаборатории)

d, мкм	2,5	4	6,3	I0	I6	25	40
q, %	98	94	87	73	49	22	I0
V, см/с	0,04	0,II	0,26	0,68	I,75	4,2	I0,8

d_{50} = I5 мкм; σ = 2,20; $S_{уд}$ = 8350 $см^2/г$.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗОЛЫ

$\gamma_м$ = 2230 $кг/м^3$; $\gamma_{н/у}$ = 340 $кг/м^3$; $\gamma_у$ = 420 $кг/м^3$;
$\alpha_{ст}$ = 55°; α_q = 39°; Р = 35 Па; $К_а$ = $I,28 \cdot I0^{-II} м^2/кг$.

УЭС СЛОЯ ЗОЛЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

УЭС, Ом·м	$6,3 \cdot I0^8$	$6 \cdot I0^9$	$9 \cdot I0^9$	$9 \cdot I0^9$	$6 \cdot I0^9$	$3,4 \cdot I0^9$	Максимум УЭС $5 \cdot I0^9$
Т, °С	20	50	I00	I50	200	250	I20

Примечание. УЭС приведены для золы, прокаленной при 550°С. Исходная зола при 20°С имеет УЭС = $= 2 \cdot I0^6$ Ом·м.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗОЛЫ

Компоненты	ппп	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	TiO_2	Na_2O	K_2O	SO_3
Содержание, %	22,6	44,9	20,3	3,3	2,7	I,5	0,85	0,45	I,3	0,6

pH водной вытяжки 7,5.

РАВНОВЕСНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ЗОЛЫ φ_n ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА $\varphi_в$

φ_n, %	0,I4	0,37	0,44	0,49	0,74	I,I
$\varphi_в$, %	I0	20	40	60	80	95

Смачиваемость I3 %.

ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЗА-НОСИТЕЛЯ

$t_г$ = 485°С.

Содержание в газе, %: CO_2 - I6; O_2 - 4.

П А С П О Р Т № I2

Зола от сжигания угля марки Т Кузнецкого бассейна ($Q_н^р$ = 26,4 МДж/кг; $A^р$ = I8,3 %; $W^р$ = I0,3 %; $S^р$ = 0,5 %; размол мельницей ШБМ 400/800) в котле типа ТПП/II0 (t = I900°С; α = I,4) Черепетской ГРЭС. Проба отобрана из газохода перед электрофильтром.

Морфология частиц золы. Частицы в основной массе сферической и овальной формы с включением крупных (более 50 мкм) частиц черного цвета неправильной формы. Встречаются частицы сферической формы коричневого цвета. В общей массе пыль серого цвета.

ДИСПЕРСНЫЙ СОСТАВ

(ротационная сепарация в пром.условиях)

d, мкм	2,5	4	6,3	I0	I6	25	40
q, %	92	88	8I	69	50	28	9
v, см/с	0,04	0,I	0,3	0,7	I,8	4,2	II,8

d_{50} = I6 мкм; σ = 3I60 см^2/г.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗОЛЫ

$\gamma_м$ = 2220 кг/м^3; $\gamma_{н/у}$ = 970 кг/м^3; $\gamma_у$ = II30 кг/м^3;

$\alpha_{ст}$ = 55°; α_q = 30°; Р = 29 Па; $К_а$ = I,0·I0^{-II}м^3/кг.

УЭС СЛОЯ ЗОЛЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

УЭС, Ом·м	$\frac{9\cdot10^6}{4\cdot10^7}$	$\frac{4\cdot10^7}{2{,}5\cdot10^9}$	$\frac{2{,}5\cdot10^8}{4{,}5\cdot10^{10}}$	$\frac{2{,}8\cdot10^8}{2{,}8\cdot10^{10}}$	$\frac{I\cdot10^8}{8\cdot10^9}$	Максимум УЭС
Т, °С	20	50	I00	I50	200	-

Примечание. В числителе значение УЭС для исходной золы, в знаменателе – для прокаленной при 550°С.

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗОЛЫ

Компоненты	ппп.	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	TiO_2	MnO_2	SO_3
Содержание, %	I7,3	49,7	I8	5,45	2,45	I,55	0,65	I,I	0,9	0,25	0,4

pH водной вытяжки 7.

РАВНОВЕСНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ЗОЛЫ φ_n ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА $\varphi_в$

φ_n, %	0,29	0,33	0,35	0,39	0,46	0,63
$\varphi_в$, %	I0	20	40	60	80	95

Смачиваемость 97 %.

ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЗА-НОСИТЕЛЯ

$t_г$ = I42°C; Z = 20 г/нм^3; $t_р$ = 83°C; φ = I3,4 г/нм^3

Содержание в газе, %: CO_2 - I3,2; O_2 - 6,5;
CO - 0,I; SO_2 - 0,0I6.

П А С П О Р Т № I3

Зола от сжигания угля марки СС Экибастузского бассейна ($Q_н^р$ = I7,2 МДж/кг, $A^р$ = 39 %, $W^р$ = 2,5 %, $S^р$ = = 0,7 %, размол шаровыми барабанными мельницами) в котле типа ЦК-39 Троицкой ГРЭС. Проба отобрана из газохода перед электрофильтром.

Морфология частиц золы. Частицы в основном неправильной и игольчатой формы, с включением сферических частиц размером до I0-I5 мкм. Сферические частицы прозрачные светлых тонов. В проходящем свете большинство частиц серого цвета, в отраженном - бесцветные и золотисто-желтые. В общей массе цвет пыли серый.

ДИСПЕРСНЫЙ СОСТАВ

(ротационная сепарация в промышленных условиях)

d, мкм:	2,5	4	6,3	I0	I6	25	40
q, %	94	89	82	70	55	37	20
v, см/с:	0,04	0,09	0,24	0,62	I,58	4	9

d_{50} = I7 мкм; σ = 3,2; $S_{уд}$ = 3690 см^2/г.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗОЛЫ

$\gamma_м$ = 2040 кг/м^3; $\gamma_{н/у}$ = 700 кг/м^3; $\gamma_у$ = 880 кг/м^3; $\alpha_{ст}$ = 65°; α_q = 37°; Р = II9 Па; $К_а$ = I,98·I0^{-II} м^2/кг.

УЭС СЛОЯ ЗОЛЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

УЭС, Ом·м:	$4 \cdot I0^7$	$3 \cdot I0^8$	$2 \cdot I0^{II}$	$8 \cdot I0^{I0}$	$2{,}5 \cdot I0^{I0}$	Максимум УЭС $2{,}I \cdot I0^{II}$
Т, °С	50	I00	I50	200	250	I40

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗОЛЫ

Компоненты	ппп	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	TiO_2	Na_2O	K_2O	SO_3
Содержание, %	3,4	64,4	22	4,6	I,5	0,4	I,I	0,3	0,65	0,6

pH водной вытяжки 7 .

РАВНОВЕСНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ЗОЛЫ φ_n ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА $\varphi_в$

φ_n, %	0,22	0,35	0,48	0,64	0,76
$\varphi_в$, %	20	40	60	80	95

Смачиваемость 35 %.

ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЗА-НОСИТЕЛЯ

$t_г$ = I40°C; Z = 68,3 г/нм^3; $t_р$ = 60°C.

П А С П О Р Т № I4

Зола от сжигания угля марки СС Экибастузского бассейна ($Q_н^р$ = I7,6 МДж/кг; $A^р$ = 38 %; $W^р$ = 5,I %; ^{р} = = 0,75 %; размол мельницей ММТ 2000/2600/740) в котле типа ПК-39-П (α = I,22) Рефтинской ГРЭС. Проба отобрана из газохода перед электрофильтром.

Морфология частиц золы. Частицы оплавлены, I5-20 % частиц игольчато-волокнистой формы; в проходящем свете прозрачны, с голубоватым и желтоватым оттенком. Крупные частицы неправильной формы серого цвета. В общей массе пыль светло-серого цвета.

ДИСПЕРСНЫЙ СОСТАВ

(седиментация в этиловом спирте)

d, мкм	2,5	4	6,3	I0	I6	25	40
q, %	90	8I	70	57	43	29	I7
v, см/с	0,04	0,I	0,25	0,6	I,66	4,05	I0,4

d_{50} = I3 мкм; G = 3,7; $S_{уд}$ = 5520 см^2/г.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗОЛЫ

$\gamma_м$ = 2I50 кг/м^3; $\gamma_{н/у}$ = 590 кг/м^3; $\gamma_у$ = 770 кг/м^3; $\alpha_{ст}$ = 58°; Р = 83 Па; $К_а$ = I,8·I0^{-II} м^2/кг.

УЭС СЛОЯ ЗОЛЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

УЭС, Ом·м	8·I0^7	2·I0^7	3·I0^9	3·I0^{I0}	7,5·I0^9	9,3·I0^8	Максимум УЭС
Т, °С	20	50	I00	I50	200	250	-

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗОЛЫ

Компоненты	ппп.	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	SO_3
Содержание, %	2,3	63,2	4,2	24	I	0,8	0,5	0,4	0,9

РАВНОВЕСНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ЗОЛЫ φ_n ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА $\varphi_в$

φ_n, %	0,06	0,064	0,08	0,II8	0,I8	0,325
$\varphi_в$, %	I0	20	40	60	80	95

ХАРАКТЕРИСТИКА ГАЗА-НОСИТЕЛЯ

$t_г$ = I22°C; Z = 55 г/нм^3.

Л-79996 Подп. к печ. 18/4-85г. Зак.374 Тир. 7300 Цена 50коп.

ГПИ Сантехпроект, Москва, Н.Первомайская ул.,46

gost.e-ecolog.ru