

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2866521

КОМПОЗИЦИОННОЕ ТОПЛИВО ИЗ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЯ И ОТХОДОВ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II" (RU)*

Авторы: *Пашкевич Мария Анатольевна (RU), Дука Арина Александровна (RU), Сверчков Иван Павлович (RU)*

Заявка № 2026111020

Приоритет изобретения 10 апреля 2026 г.

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации 20 июля 2026 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 10 апреля 2046 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

C10L 5/02 (2026.05); C10L 5/14 (2026.05); C10L 5/44 (2026.05); C10L 5/143 (2026.05); C10L 5/442 (2026.05)

(21)(22) Заявка: 2026111020, 10.04.2026

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
10.04.2026Дата регистрации:
20.07.2026

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 10.04.2026

(45) Опубликовано: 20.07.2026 Бюл. № 20

Адрес для переписки:

199106, Санкт-Петербург, 21 линия В.О., 2,
ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский горный
университет императрицы Екатерины II",
Патентно-лицензионный отдел

(72) Автор(ы):

Пашкевич Мария Анатольевна (RU),
Дука Арина Александровна (RU),
Сверчков Иван Павлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский горный
университет императрицы Екатерины II"
(RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2831268 C1, 03.12.2024. RU
2707297 C2, 26.11.2019. RU 2628614 C2,
21.08.2017. RU 2859253 C1, 31.03.2026. RU
2224785 C2, 27.02.2004. KG 781 C1, 31.05.2005.
BY 18408 C1, 30.08.2014. RU 2268914 C2,
27.01.2006. SU 1017266 A1, 15.05.1983. SU 1701736
A1, 30.12.1991. CN 107955662 A, 24.04.2018. CN
105349203 A, 24.02.2016. CN 109517636 A,
26.03.2019. (см. прод.)(54) КОМПОЗИЦИОННОЕ ТОПЛИВО ИЗ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЯ И ОТХОДОВ
РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области энергетики, в частности к производству углесодержащих композиционных топлив на основе отходов угольной промышленности и растительной биомассы, и предназначено для промышленного изготовления топливных пеллет, используемых в теплогенерирующих установках малой и средней мощности. Техническим результатом является получение композиционных топлив, обладающих высокой реакционной способностью и пониженной эмиссией кислых газов в процессе сжигания. Технический результат достигается за счет оптимального сочетания компонентов,

обеспечивающих высокую удельную теплоту сгорания, низкую зольность и стабильные теплотехнические характеристики. С экологической точки зрения важным преимуществом является вовлечение в производство нескольких видов промышленных и агропромышленных отходов, что способствует снижению антропогенной нагрузки на окружающую среду за счет сокращения площадей, занимаемых полигонами, и уменьшения выбросов загрязняющих веществ. 40 пр., 10 табл.

(56) (продолжение):

RU 2463337 C2, 10.10.2012. CN 106867610 A, 20.06.2017. CN 109593584 A, 09.04.2019.

RU 2866521 C1

RU 2866521 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

C10L 5/02 (2026.05); *C10L 5/14* (2026.05); *C10L 5/44* (2026.05); *C10L 5/143* (2026.05); *C10L 5/442* (2026.05)

(21)(22) Application: **2026111020, 10.04.2026**

(24) Effective date for property rights:
10.04.2026

Registration date:
20.07.2026

Priority:

(22) Date of filing: **10.04.2026**(45) Date of publication: **20.07.2026** Bull. № 20

Mail address:

**199106, Sankt-Peterburg, 21 liniya V.O., 2, FGBOU
VO "Sankt-Peterburgskij gornyj universitet
imperatritsy Ekateriny II", Patentno-litsenzionnyj
otdel**

(72) Inventor(s):

**Pashkevich Mariia Anatolevna (RU),
Duka Arina Aleksandrovna (RU),
Sverchkov Ivan Pavlovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia «Sankt-Peterburgskii gornyi
universitet imperatritsy Ekateriny II» (RU)**

(54) **COMPOSITE FUEL FROM COAL CONCENTRATION WASTE AND PLANT WASTE**

(57) Abstract:

FIELD: energy engineering.

SUBSTANCE: invention relates to the production of carbon-comprising composite fuels based on waste from the coal industry and plant biomass and is intended for the industrial production of fuel pellets used in low- and medium-power heat-generating plants. From an environmental perspective, a significant advantage is the inclusion of several types of industrial and agro-industrial waste in production, which helps reduce the man-made impact on the environment by reducing the

area occupied by landfills and reducing pollutant emissions.

EFFECT: production of composite fuels with high reactivity and reduced emission of acid gases during combustion. An optimal combination of components is used that provide high specific heat of combustion, low ash content and stable thermal performance characteristics.

1 cl, 40 ex, 10 tbl

Изобретение относится к области энергетики, в частности к производству углесодержащих композиционных топлив на основе отходов угольной промышленности и растительной биомассы, и предназначено для промышленного изготовления топливных пеллет, используемых в теплогенерирующих установках малой и средней мощности.

Известно композиционное топливо из отходов угольных обогатительных фабрик (патент RU № 2224785, опубл. 27.02.2004 г.). Состав топлива включает углесодержащие отходы и связующее, в качестве которого выступает аргиллит, сопутствующий залежам угля, при следующем соотношении компонентов, мас. %: Углесодержащие отходы обогащения угля 90-95, Аргиллит 5-10.

Недостатком композиционного топлива является использование аргиллита, который является негорючей породой, что снижает удельную теплоту сгорания топлива и увеличивает его зольность, а также может приводить к шлакованию котлоагрегатов в процессе сжигания.

Известен способ получения топливных брикетов из хвостов углеобогащения и отходов целлюлозно-картонного производства (патент RU № 2835631, опубл. 27.05.2024 г.), компонентами которых являются хвосты углеобогащения, с преимущественным содержанием фракций размером от

0 до 0,5 мм и влажностью 10-15%, и жидкое связующее вещество в виде водной суспензии гидролизного лигнина с концентрацией сухого вещества 4-6 мас. %.

Соотношение отходов углеобогащения и связующего составляет 5:1 соответственно.

Недостатком топливных брикетов является применение гидролизного лигнина в виде водной суспензии, что вносит в смесь избыточное количество влаги, на испарение которой в процессе сжигания затрачивается значительная часть энергии, снижая полезную теплотворную способность.

Известен способ получения формованного топлива (патент RU № 2738709, опубл. 25.05.2020 г.), состав которого включает измельченный уголь с размером частиц менее 2,5 мм и связующую добавку. В качестве связующей добавки используют отруби с размером частиц менее 1 мм в количестве 4-20 мас. %.

Недостатком формованного топлива является использование в качестве связующего компонента отрубей, обладающих высокой гигроскопичностью, что обуславливает низкую водостойкость готовых брикетов и необходимость специальных условий хранения, а наличие в отрубях белковых соединений при высокотемпературном сжигании может приводить к образованию вредных азотсодержащих летучих веществ в продуктах горения.

Известен состав топливных брикетов (Vershina, K., Dorokhov, V., Romanov, D. et al. Ignition, Combustion, and Mechanical Properties of Briquettes from Coal Slime and Oil Waste, Biomass, Peat and Starch. Waste Biomass Valor 14, 431-445 (2023)), компонентами которого являются угольный шлам и солома при соотношении 90:10 мас. % соответственно.

Недостатком топливных брикетов является низкая реакционная способность по причине малого содержания соломы в составе, что приводит к снижению стабильности горения, а также увеличение задержки воспламенения в связи с отсутствием легковоспламеняющегося компонента.

Известен состав для получения топливных брикетов (патент RU № 2831268, опубл. 03.12.2024 г.), состоящий из углеродсодержащего материала минерального происхождения, материала древесно-растительного происхождения и органического связующего, причем в качестве углеродсодержащего материала используется концентрат флотации шламов углеобогащения, а органическое связующее представлено гидролом

- отход крахмало-паточного производства и soapстоком - отход, образующийся в результате щелочного рафинирования растительных масел и жиров в жироперерабатывающей промышленности, в качестве древесно-растительного материала использованы или опилки, или щепа, или кора, или солома, или мякина, или
 5 лузга семян, или листья и стебли подсолнечника, или их смесь, при следующем соотношении компонентов, мас. %: гидрол 2,0-7,0, soapсток 1,8-3,0, материала древесно-растительного происхождения 7,0-22,0, концентрат флотации шламов углеобогащения остальное.

Недостатком состава топливных брикетов является использование гидрола и
 10 soapстока, наличие которых в рецептуре может приводить к образованию специфических токсичных летучих органических веществ при сжигании.

Известен легковоспламеняющийся топливный брикет (патент RU № 2463337, опублик.
 10.10.2012 г.), принятый за прототип, который включает основной слой, содержащий углесодержащий компонент и связующее, и зажигательный слой, содержащий нитрат
 15 и связующее. В качестве углесодержащего компонента используют угольные шламы в количестве 30-60%, в качестве связующего - бумажные отходы в количестве 40-70%, а зажигательный слой содержит нитрат калия или нитрат натрия в количестве не менее 80 вес. % зажигательного слоя.

Недостатком легковоспламеняющегося топливного брикета является использование
 20 в зажигательном слое нитрата калия или нитрата натрия, что при сжигании приводит к образованию токсичных оксидов азота в продуктах горения, а также неоднородность бумажных отходов, наличие в которых типографских красок, лаков и полимерных покрытий является источником образования дополнительных токсичных летучих соединений при сжигании.

Техническим результатом является получение композиционных топлив, обладающих
 25 высокой реакционной способностью и пониженной эмиссией кислых газов в процессе сжигания.

Технический результат достигается тем, что композиция дополнительно содержит отходы растительного сырья в качестве которых используют солому или опилки,
 30 которые являются одновременно связующим и горючим компонентами и отработанное моторное масло в качестве зажигающего агента, при следующем соотношении компонентов, мас. %:

угольные шламы	60-80
отходы растительного сырья,	
солома или опилки	19,25-39,50
отработанное моторное масло	остальное

Заявляемое композиционное топливо включает в себя отходы обогащения угля, отходы растительного сырья в качестве связующего и зажигательную добавку,
 40 содержащие, мас. %:

- угольные шламы от 60 до 80, полученные в ходе сепарации различных марок угля, код ФККО 21133201395;

- отходы растительного сырья от 19,25 до 39,50, в качестве которых используются опилки, код ФККО 30523001435, или солома, код ФККО 11111002235;

- отработанное моторное масло остальное, код ФККО 40611001313.

Угольные шламы представляют собой отходы V класса опасности мокрой
 45 классификации угольного сырья с размером частиц менее 1 мм, складываемые в отвалах после обезвоживания. В составе композиционных топлив они выполняют функцию основного горючего компонента, обеспечивая теплотворную способность. Зольность

шламов составляет 32%, влажность - 1,8%, выход летучих веществ - 14,5%, удельная теплота сгорания - 22,8 МДж/кг. Отходы характеризуются высоким содержанием углерода 58,5%, низкой сернистостью 0,35%, содержанием азота 1,5%.

Отходы растительного сырья, представленные соломой или опилками, являются одновременно связующим и горючим компонентом.

Опилки представляют собой отход V класса опасности деревообрабатывающих предприятий, образующийся при механической обработке древесины: распиловке, шлифовке, фрезеровании или строгании. Для приготовления композиционного топлива использованы опилки с удельной теплотой сгорания 18,7 МДж/кг и зольностью 0,4%.

Солома представляет собой отход V класса опасности агропромышленного комплекса, образующийся после обмолота зерновых, зернобобовых и крупяных культур. Для приготовления композиционного топлива использована солома с удельной теплотой сгорания 15,9 МДж/кг и зольностью 4,3%.

Оба материала содержат основные органические компоненты - целлюлозу, гемицеллюлозу и лигнин. Лигнин при нагревании размягчается и проявляет свойства термопластичного связующего, способствуя скреплению частиц углеродсодержащих материалов в процессе пеллетирования. Благодаря волокнистой структуре отходы растительного сырья армируют топливную матрицу, повышая механическую прочность и трещиностойкость готовых пеллет. Опилки и солома характеризуются высоким содержанием летучих веществ 79-85%, что обеспечивает легкое воспламенение и устойчивое горение топлива.

Отработанное моторное масло представляет собой жидкий отход III класса опасности, образующийся при замене смазочных материалов в двигателях внутреннего сгорания. Отработанное масло обладает низкой температурой вспышки и высокой теплотворной способностью 45,8 МДж/кг в связи с высоким содержанием легких и средних углеводородных фракций, что позволяет ему выполнять функцию эффективного зажигающего агента в композиционных топливах.

Композиционное топливо изготавливают в виде пеллет. Угольные шламы, измельченные при помощи шаровой мельницы до размера частиц менее 0,2 мм, смешиваются с отходами растительного сырья, измельченными при помощи режущей мельницы до размера частиц менее 0,5 мм, и отработанным моторным маслом. Смесь подвергается процессу формования путем продавливания массы через отверстия фильеры при помощи экструдера.

Эффективность состава композиционного топлива поясняется следующими примерами. Соотношения компонентов при получении композиционного топлива представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Составы композиционных топлив на основе угольного шлама и опилок

№ п/п	Состав, мас. %		
	Угольный шлам	Опилки	Отработанное моторное масло
1	90	9,75	0,25
2	80	19,75	0,25
3	70	29,75	0,25
4	60	39,75	0,25
5	50	49,75	0,25
6	90	9,5	0,5
7	80	19,5	0,5
8	70	29,5	0,5
9	60	39,5	0,5
10	50	49,5	0,5

11	90	9,25	0,75
12	80	19,25	0,75
13	70	29,25	0,75
14	60	39,25	0,75
15	50	49,25	0,75
16	90	9,0	1,0
17	80	19,0	1,0
18	70	29,0	1,0
19	60	39,0	1,0
20	50	49,0	1,0

Таблица 2. Составы композиционных топлив на основе угольного шлама и соломы

№ п/п	Состав, мас.%		
	Угольный шлак	Солома	Отработанное моторное масло
21	90	9,75	0,25
22	80	19,75	0,25
23	70	29,75	0,25
24	60	39,75	0,25
25	50	49,75	0,25
26	90	9,5	0,5
27	80	19,5	0,5
28	70	29,5	0,5
29	60	39,5	0,5
30	50	49,5	0,5
31	90	9,25	0,75
32	80	19,25	0,75
33	70	29,25	0,75
34	60	39,25	0,75
35	50	49,25	0,75
36	90	9,0	1,0
37	80	19,0	1,0
38	70	29,0	1,0
39	60	39,0	1,0
40	50	49,0	1,0

Для оценки процесса горения устанавливались следующие параметры: индекс горения (C_b), описывающий кинетику и полноту протекания стадии устойчивого горения после воспламенения, индекс воспламеняемости (G), отражающий способность топливной смеси к воспламенению, комплексный индекс горения (S), являющийся интегральным показателем и характеризующий обобщенную оценку поведения топлива на всех стадиях процесса - от воспламенения до полного выгорания.

Индекс горения рассчитывался по формуле:

$$C_b = \frac{R_{\max}}{T_i^2}, \text{ где (1)}$$

$R_{\max}$ - максимальная скорость потери массы;

T_i - температура воспламенения.

Индекс воспламеняемости рассчитывался по формуле:

$$G = \frac{R_{\max}}{T_i \cdot T_{\max}}, \text{ (2)}$$

где $T_{\max}$ - температура максимальной потери массы.

Комплексный индекс горения рассчитывался по формуле:

$$S = \frac{R_{\max} \cdot R_{\text{mean}}}{T_i^2 \cdot T_{\max}}, \quad (3)$$

где R_{mean} - средняя скорость потери массы.

5 $R_{\max}$, R_{mean} , T_i и $T_{\max}$ определяли по полученным в ходе ТГА-ДСК анализа кривым потери массы и скорости потери массы.

Результаты определения параметров горения составов композиционных топлив представлены в таблицах 3 и 4.

10 Таблица 3. Параметры горения составов композиционных топлив на основе угольного шлама и опилок

№ п/п	$C_b \times 10^{-6},$ %/°C ² × мин	$G \times 10^{-6},$ %/°C ² × мин	$S \times 10^{-9},$ %/°C ³ × мин ²
1	6,2	5,1	7,2
2	6,9	5,7	8,1
3	8,0	6,0	8,9
4	8,8	6,3	10,2
5	9,4	6,9	12,1
6	9,7	7,8	12,8
7	11,4	9,9	15,1
8	12,9	11,7	17,4
9	13,6	12,2	18,9
10	14,8	13,3	20,2
11	10,3	7,9	13,8
12	11,5	8,4	15,6
13	13,1	9,7	16,4
14	14,2	10,5	19,3
15	15,8	12,1	22,2
16	10,9	8,7	14,7
17	11,2	9,6	14,5
18	11,8	10,7	13,8
19	11,4	11,4	13,3
20	12,3	13,1	12,8

Таблица 4. Параметры горения составов композиционных топлив на основе угольного шлама и соломы

№ п/п	$C_b \times 10^{-6},$ %/°C ² × мин	$G \times 10^{-6},$ %/°C ² × мин	$S \times 10^{-9},$ %/°C ³ × мин ²
21	7,7	5,7	8,3
22	8,8	6,4	10,1
23	9,6	7,0	11,2
24	10,4	7,3	13,5
25	11,8	7,8	15,1
26	9,3	6,9	12,2
27	11,9	8,7	15,1
28	14,9	9,1	19,2
29	15,6	9,9	21,3
30	16,2	13,3	25,8
31	11,4	9,1	13,7
32	12,3	10,2	15,2
33	14,1	10,8	17,9
34	15,9	12,5	19,8
35	16,8	14,2	23,4
36	11,5	8,9	14,3

37	12,1	9,9	14,2
38	12,8	11,1	13,6
39	13,1	12,6	13,1
40	12,9	13,4	12,5

Для обеспечения стабильного воспламенения, устойчивого горения и высоких энергетических показателей композиционного топлива при его использовании в котлоагрегатах индекс горения должен составлять не менее $10 \text{ }^{\circ}\text{C}^2/\text{мин}$, индекс воспламеняемости - не менее $8 \text{ }^{\circ}\text{C}^2/\text{мин}$, комплексный индекс горения - не менее $15 \text{ }^{\circ}\text{C}^3/\text{мин}^2$.

Примеры 1-5 демонстрируют, что при содержании угольного шлама 50-90 мас.%, опилок 9,75-49,75 мас.% и отработанного моторного масла 0,25 мас.% все параметры не достигают необходимых значений, соответственно, дальнейшее уменьшение доли зажигательной добавки нецелесообразно.

Пример 6 демонстрирует, что при содержании угольного шлама 90 мас.%, опилок 9,5 мас.% и отработанного моторного масла 0,5 мас.% индекс горения и комплексный индекс горения не достигают необходимых значений.

Примеры 7-10 демонстрируют, что при содержании угольного шлама 50-80 мас.%, опилок 19,5-49,5 мас.% и отработанного моторного масла 0,5 мас.% все параметры достигают необходимых значений.

Пример 11 демонстрирует, что при содержании угольного шлама 90 мас.%, опилок 9,25 мас.% и отработанного моторного масла 0,75 мас.% индекс воспламеняемости и комплексный индекс горения не достигают необходимых значений.

Примеры 12-15 демонстрируют, что при содержании угольного шлама 50-80 мас.%, опилок 19,25-49,25 мас.% и отработанного моторного масла 0,75 мас.% все параметры достигают необходимых значений.

Примеры 16-20 демонстрируют, что при содержании угольного шлама 50-90 мас.%, соломы 9,0-49,0 мас.% и отработанного моторного масла 1,0 мас.% комплексный индекс горения не достигает необходимого значения, соответственно, дальнейшее увеличение доли зажигательной добавки нецелесообразно.

Примеры 21-25 демонстрируют, что при содержании угольного шлама 50-90 мас.%, соломы 9,75-49,75 мас.% и отработанного моторного масла 0,25 мас.% все параметры не достигают необходимых значений, соответственно, дальнейшее уменьшение доли зажигательной добавки нецелесообразно.

Пример 26 демонстрирует, что при содержании угольного шлама 90 мас.%, соломы 9,5 мас.% и отработанного моторного масла 0,5 мас.% индекс горения и комплексный индекс горения не достигают необходимых значений.

Примеры 27-30 демонстрируют, что при содержании угольного шлама 50-80 мас.%, соломы 19,5-49,5 мас.% и отработанного моторного масла 0,5 мас.% все параметры достигают необходимых значений.

Пример 31 демонстрирует, что при содержании угольного шлама 90 мас.%, соломы 9,25 мас.% и отработанного моторного масла 0,75 мас.% комплексный индекс горения не достигает необходимого значения.

Примеры 32-35 демонстрируют, что при содержании угольного шлама 50-80 мас.%, соломы 19,25-49,25 мас.% и отработанного моторного масла 0,75 мас.% все параметры достигают необходимых значений.

Примеры 36-40 демонстрируют, что при содержании угольного шлама 50-90 мас.%, соломы 9,0-49,0 мас.% и отработанного моторного масла 1,0 мас.% комплексный индекс

горения не достигает необходимого значения, соответственно, дальнейшее увеличение доли зажигательной добавки нецелесообразно.

Примеры 1-40 демонстрируют, что при содержании отработанного моторного масла менее 0,5 мас.% процесс воспламенения протекает нестабильно, при этом увеличение доли отходов растительного сырья не позволяет компенсировать снижение параметров горения. При содержании отработанного моторного масла более 0,75 мас.% процесс горения характеризуется неустойчивостью, при этом увеличение доли отходов растительного сырья не позволяет компенсировать снижение параметров горения. Кроме того, уменьшение доли отходов растительного сырья до 9,5 мас.% приводит к ухудшению характеристик горения, что не компенсируется увеличением доли зажигательной добавки.

Таким образом, примеры 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35 представляют собой составы с оптимальным соотношением компонентов, обеспечивающим требуемые характеристики воспламенения и горения.

Для оценки влияния компонентного состава композиционных топлив на образование кислых газов в процессе горения и определения их экологической эффективности проводился анализ отходящих газов. Определялось количество образующихся оксидов азота и диоксида серы. Пересчет оксидов азота проводился на NO_2 . Анализ осуществлялся для составов с параметрами горения, соответствующими необходимым значениям. Результаты анализа продуктов горения составов композиционных топлив на содержание кислых газов представлены в таблицах 5 и 6.

Таблица 5. Образование кислых газов при горении составов композиционных топлив на основе угольного шлама и опилок

№ п/п	Масса образования оксидов серы, мг/г	Масса образования оксидов азота, мг/г
7	0,392	11,442
8	0,387	11,020
9	0,364	10,925
10	0,397	11,792
12	0,496	11,867
13	0,481	11,688
14	0,472	11,573
15	0,603	13,134

Таблица 6. Образование кислых газов при горении составов композиционных топлив на основе угольного шлама и соломы

№ п/п	Масса образования оксидов серы, мг/г	Масса образования оксидов азота, мг/г
27	0,492	11,854
28	0,479	11,232
29	0,468	10,999
30	0,433	11,214
32	0,474	11,221
33	0,483	11,201
34	0,478	10,895
35	0,662	13,467

Для обеспечения экологической безопасности и соответствия требованиям природоохранного законодательства масса образования оксидов серы в отходящих газах должна составлять не более 0,5 мг/г, масса образования оксидов азота - не более 12 мг/г, так как установленные предельные значения гарантируют, что переход серы и азота, содержащихся к топливе, в газовую фазу при сжигании не приведет к

превышению санитарно-гигиенических нормативов качества атмосферного воздуха и позволит использовать композиционное топливо без установки систем газоочистки.

Примеры 7-10 демонстрируют, что при содержании угольного шлама 50-80 мас.%, опилок 19,5-49,5 мас.% и отработанного моторного масла 0,5 мас.% значения массового содержания кислых газов в продуктах горения композиционного топлива не превышают установленных требований.

Примеры 12-14 демонстрируют, что при содержании угольного шлама 60-80 мас.%, опилок 19,25-39,25 мас.% и отработанного моторного масла 0,75 мас.% значения массового содержания кислых газов в продуктах горения композиционного топлива не превышают установленных требований.

Пример 15 демонстрирует, что при содержании угольного шлама 50 мас.%, отработанного моторного масла 0,75 мас.% и увеличении содержания опилок до 49,25 мас.% наблюдается превышение установленных требований массового содержания кислых газов в продуктах горения композиционного топлива.

Примеры 27-30 демонстрируют, что при содержании угольного шлама 50-80 мас.%, соломы 19,5-49,5 мас.% и отработанного моторного масла 0,5 мас.% значения массового содержания кислых газов в продуктах горения композиционного топлива не превышают установленных требований.

Примеры 32-34 демонстрируют, что при содержании угольного шлама 60-80 мас.%, соломы 19,25-39,25 мас.% и отработанного моторного масла 0,75 мас.% значения массового содержания кислых газов в продуктах горения композиционного топлива не превышают установленных требований.

Пример 35 демонстрирует, что при содержании угольного шлама 50 мас.%, отработанного моторного масла 0,75 мас.% и увеличении содержания соломы до 49,25 мас.% наблюдается превышение установленных требований массового содержания кислых газов в продуктах горения композиционного топлива.

Таким образом, примеры 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34 представляют собой составы с допустимыми значениями массового содержания кислых газов в продуктах горения.

Для подтверждения соответствия композиционных топлив на основе угольного шлама и отходов растительного сырья требованиям, предъявляемым к твердому топливу для промышленного сжигания, а также для оценки влияния компонентного состава на энергетические характеристики и количество минеральных отходов, образующихся после сжигания, проводилось определение зольности и удельной теплоты сгорания.

Анализ осуществлялся для составов с значениями массового содержания кислых газов в продуктах горения, соответствующими установленным требованиям. Результаты анализа представлены в таблицах 7 и 8.

Таблица 7. Зольность и удельная теплота сгорания композиционных топлив на основе угольного шлама и опилок

№ п/п	Зольность, %	Удельная теплота сгорания, МДж/кг
7	21,5	20,5
8	20,9	19,9
9	20,2	18,5
10	19,8	17,8
12	22,1	21,3
13	21,6	20,8
14	21,1	20,0

Таблица 8. Зольность и удельная теплота сгорания композиционных топлив на основе

угольного шлама и соломы

№ п/п	Зольность, %	Удельная теплота сгорания, МДж/кг
27	23,4	19,7
28	22,9	19,0
29	22,2	18,5
30	21,7	17,9
32	23,3	21,7
33	22,5	21,3
34	21,9	20,8

Для обеспечения энергетической эффективности композиционного топлива, достаточной для его практического использования в котлоагрегатах, удельная теплота сгорания должна быть не менее 18 МДж/кг, зольность - не более 25%.

Исходя из таблиц 7 и 8 установлено, что составы 7, 8, 9, 12, 13, 14, 27, 28, 29, 32, 33, 34 удовлетворяют установленным требованиям: зольность композиционных топлив составляет менее 25%, а удельная теплота сгорания превышает 18 МДж/кг.

Пример 10 демонстрирует, что при содержании 50 мас.% угольного шлама, 49,5 мас.% опилок и 0,5 мас.% отработанного моторного масла удельная теплота сгорания составляет 17,8 МДж/кг и не достигает необходимого значения.

Пример 30 демонстрирует, что при содержании 50 мас.% угольного шлама, 49,5 мас.% соломы и 0,5 мас.% отработанного моторного масла удельная теплота сгорания составляет 17,9 МДж/кг и не достигает необходимого значения.

Для оценки способности топливных пеллет из композиционных топлив на основе угольного шлама и отходов растительного сырья сохранять целостность при транспортировании, погрузочно-разгрузочных работах и хранении, а также для обеспечения стабильной работы автоматизированных систем подачи топлива в котлоагрегаты, исключения образования избыточного количества мелкой фракции и пыли, ухудшающих условия сжигания, проводилось определение их механической прочности (таблицы 9 и 10).

Таблица 9. Механическая прочность пеллет из композиционного топлива на основе угольного шлама и опилок

№ п/п	Механическая прочность пеллет, %
7	95,1
8	95,7
9	95,9
12	95,7
13	96,4
14	97,0

Таблица 10. Механическая прочность пеллет из композиционного топлива на основе угольного шлама и соломы

№ п/п	Механическая прочность пеллет, %
27	96,2
28	96,8
29	97,4
32	96,8
33	97,2
34	97,5

Механическая прочность пеллет из композиционного топлива на основе угольного шлама и отходов растительного сырья должна составлять не менее 95%, что гарантирует

сохранение целостности пеллет при транспортировке, минимизацию образования мелочи и пыли, а также обеспечивает стабильность работы автоматизированных систем подачи топлива в котлоагрегаты.

Исходя из таблиц 9 и 10 установлено, что составы 7, 8, 9, 12, 13, 14, 27, 28, 29, 32, 33, 34 удовлетворяют установленному требованию: механическая прочность пеллет превышает 95%.

Композиционное топливо обладает высокой реакционной способностью и пониженной эмиссией кислых газов в процессе сжигания, что достигается оптимальным сочетанием компонентов, обеспечивающих высокую удельную теплоту сгорания, низкую зольность и стабильные теплотехнические характеристики. С экологической точки зрения важным преимуществом является вовлечение в производство нескольких видов промышленных и агропромышленных отходов, что способствует снижению антропогенной нагрузки на окружающую среду за счет сокращения площадей, занимаемых полигонами, и уменьшения выбросов загрязняющих веществ.

(57) Формула изобретения

Композиционное топливо из отходов обогащения угля и отходов растительного сырья, содержащее углесодержащий компонент - угольные шламы и связующее, отличающееся тем, что композиция дополнительно содержит отходы растительного сырья, в качестве которых используют солому или опилки, которые являются одновременно связующим и горючим компонентами, и отработанное моторное масло в качестве зажигающего агента, при следующем соотношении компонентов, мас. %:

угольные шламы	60-80
отходы растительного сырья,	
солома или опилки	19,25-39,50
отработанное моторное масло	остальное