

**RESEARCH ON THE QUANTITATIVE AND QUALITATIVE COMPOSITION OF
SOLID COMPONENTS RELEASED INTO THE ATMOSPHERE DURING COAL
COMBUSTION (USING A BRICK FACTORY AS AN EXAMPLE)**

Rixsitilla Rashidov

Assistant, Department of Ecology and Environmental Protection,
Tashkent State Technical University named after Islam Karimov,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Sadriddin M. Turabjanov

Academician of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Doctor of
Technical Sciences, Professor, Rector, Tashkent State Technical University named after
Islam Karimov, Republic of Uzbekistan, Tashkent

Rakhmatov Ulughuja Nusratullaevich

Associate Professor of the Department of Ecology and Environmental Protection,
Islam Karimov Tashkent State Technical University, Republic of Uzbekistan, Tashkent

Abdullaeva Dilnoza Kabirjanovna

Associate Professor of the Department of Ecology and Environmental Protection,
Islam Karimov Tashkent State Technical University, Republic of Uzbekistan, Tashkent

Abstract

Air pollution caused by natural coal combustion products during building brick production represents an urgent environmental problem that requires the comprehensive improvement of waste gas cleaning systems. This paper investigates the quantitative and qualitative composition of solid ingredients (ash and soot) released into the atmosphere during thermochemical fuel processing, using annular brick-firing kilns as an industrial example. A computational and analytical evaluation of solid particulate matter emissions was carried out, taking into account the performance parameters, quality characteristics, and elemental composition of low-rank brown coals from the Angren deposit (grades 2BR-B2 and 2BOMSSh-B2), which are characterized by high inherent ash content (up to 60%). A direct linear relationship was established between the amount of generated air pollutants, total fuel consumption, and coal ash content. The structural design features of the kilns' flue gas ducts, which lead to partial gravitational deposition of ash particles in horizontal sections, were identified and analyzed. The necessity of introducing a correction coefficient into calculation formulas to account for ash retention in the gas tunnel was substantiated. The obtained empirical and theoretical data serve as a foundation for designing effective dust and gas cleaning equipment.

Keywords: Pollution source, pollutant, natural resources, sustainable use, dust and gas abatement, aspiration, emissions, ash, soot, particulate matter.

Introduction

ИССЛЕДОВАНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО И КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ТВЕРДЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ, ВЫДЕЛЯЮЩИХСЯ В АТМОСФЕРУ ПРИ СЖИГАНИИ УГЛЯ (НА ПРИМЕРЕ КИРПИЧНОГО ЗАВОДА)

Рашидов Рихситилла Фазлиддин угли

Ассистент кафедры «Экология и охрана окружающей среды»,
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Турабджанов Садриддин Махаматдинович

Академик Академии наук Республики Узбекистан, доктор технических наук,
профессор, ректор, Ташкентский государственный технический университет имени
Ислама Каримова, Республика Узбекистан, г. Ташкент

Рахматов Улугхужа Нусратуллаевич

Доцент кафедры «Экология и охрана окружающей среды»,
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Абдуллаева Дилноза Кабиржановна

Доцент кафедры «Экология и охрана окружающей среды»,
Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Аннотация

Загрязнение атмосферного воздуха продуктами сгорания природного угля при производстве строительного кирпича является актуальной экологической проблемой, требующей комплексного совершенствования систем очистки отходящих газов. В работе исследован количественный и качественный состав твердых ингредиентов (золы и сажи), выделяющихся в атмосферу при термохимической переработке топлива на примере кольцевых печей обжига кирпича. Проведен расчетно-аналитический анализ выноса твердых частиц с учетом качественных характеристик и элементного состава бурых углей Ангренского месторождения марок 2БР-Б2 и 2БОМСШ-Б2, отличающихся высокой зольностью (до 60%). Установлена прямая линейная зависимость количества образующихся загрязняющих веществ от расхода и зольности угля. Выявлены особенности конструктивного устройства газоходных трактов печей, приводящие к частичному гравитационному осаждению золы в их горизонтальных секциях. Обоснована необходимость введения в расчетные формулы поправочного коэффициента, учитывающего осаждение золы в тоннеле. Полученные данные служат основой для обоснования рационального технологического процесса пылегазоочистки и вычисления основных параметров пылегазоочистных устройств (ПГОУ). Применение эффективных методов очистки позволит существенно снизить антропогенную нагрузку

на атмосферный воздух и улучшить экологическую обстановку в районах размещения промышленных предприятий.

Ключевые слова: источник загрязнения, ингредиент, природные ресурсы, рациональное использование, пылегазоочистка, аспирация, выбросы, зола, сажа, твердые частицы.

1. Введение

Глобальные тенденции устойчивого развития и национальные экологические приоритеты обуславливают постоянное внимание к задачам рационального природопользования и минимизации техногенного воздействия на окружающую среду. В ряду ключевых направлений современной прикладной науки особое место занимает предотвращение загрязнения атмосферного бассейна выбросами промышленного происхождения.

Научно-исследовательские изыскания в области защиты воздушной среды ориентированы на создание, совершенствование и последующую интеграцию высокоэффективных технологий очистки газовых выбросов, а также на разработку малоотходных и экологически безопасных производственных процессов, исключающих или существенно снижающих поступление загрязнителей в атмосферу.

В производстве строительных материалов - в частности, при термической обработке (обжиге) стенового кирпича - традиционно и широко используется угольное топливо. Термохимическая переработка (сжигание) угля сопровождается поступлением в воздушную среду сложных дисперсных систем, содержащих взвешенные твердые частицы. Данная фаза формируется как неорганической минеральной золой (продуктом полного сгорания угля), так и недогоревшими горючими компонентами, не вступившими в реакции горения и газификации (коксовыми остатками). В физико-химическом отношении данные дисперсные остатки представлены преимущественно элементарным углеродом и классифицируются в экологическом мониторинге как сажа [1].

2. Материалы и методы

Классифицировать выбросы угольной золы следует по содержанию в ней двуокиси кремния (за исключением случаев, когда для конкретного вида золы определены значения ПДК или ОБУВ), с ПДКм.р. 0,3 мг/м³ при 70–20% двуокиси кремния.

При расчёте выброса твёрдых частиц (сажи), образующихся при процессе сгорания угля в атмосферу, необходимо учитывать, что вместе с золой в атмосферу поступает несгоревшее топливо (недожог) [2]. Общее количество золы g (кг/кг), уносимое с дымовыми газами на 1 кг сожжённого топлива с учётом недожога, определяется по формуле:

$$g = a_{\text{ун}} \frac{A^p}{100} \left(1 + \frac{\Gamma_{\text{ун}}}{100 - \Gamma_{\text{ун}}} \right), \quad (1)$$

где: A^p - зольность топлива на рабочую массу (%); $a_{\text{ун}}$ - доля твёрдых частиц, уносимых из топki с дымовыми газами; $\Gamma_{\text{ун}}$ - содержание горючих в золе уноса (%).

При сжигании природного угля механический недожог q_1 (%) для камерных топок, если принять одинаковым содержание горючих в шлаке и уносе, определяется выражением [2]:

$$\frac{q_1}{100} = \frac{\Gamma_{ун}}{100 - \Gamma_{ун}} = \frac{32,7}{Q_H^P} \cdot \frac{A^P}{100}, \quad (2)$$

где: Q_H^P - низшая теплота сгорания рабочего топлива (МДж/кг); 32,7 МДж/кг - средняя теплота сгорания горючих в уносе.

Для определения количества сажи и золы в уносе $\Pi_{тв}$ (т), образующихся при сгорании 1 тонны топлива в печи, с учётом рекомендации Госкомэкологии, выражение принимает вид:

$$\Pi_{тв} = B \frac{A}{100 - \Gamma_{ун}} a_{ун}, \quad (3)$$

где: B - расход топлива (т); A - зольность топлива (%); $a_{ун}$ - доля золы в уносе (для кольцевых печей обжига кирпича $a_{ун} = 0,2$); $\Gamma_{ун}$ - содержание горючего в уносе (%), для Ангренского угля 3%.

Одним из основных показателей качественной характеристики природных углей является его зольность [3]. В Республике Узбекистан добыча бурого угля ведётся на Ангренском месторождении, запасы которого составляют около 1 млрд тонн. Марки 2БР-Б2 и 2БОМСШ-Б2 характеризуются высокой зольностью [4]. Качественные характеристики углей представлены в табл. 1.

Таблица 1. Качественная характеристика бурых углей Ангренского месторождения

Нормативный документ	Марка	Размер кусков, мм	Показатели качества		
			Зольность, %	Влажность, %	Минерализация, %
ГОСТ 8302-87	2БПК	50-200	17,0	40,0	3,0
ГОСТ 8298-89	2БР	0-200	25,0	40,0	3,0
ГОСТ 8298-89	2БОМСШ	0-50	25,0	40,0	-
TSh12-18-2001	2БОМСШ-Б1	0-50	35,0	40,0	-
TSh12-18-2001	2БР-Б1	0-200	35,0	40,0	-
TSh12-17-2001	2БОМСШ-Б2	0-50	60,0	40,0	-
TSh12-17-2001	2БР-Б2	0-200	60,0	40,0	-

3. Результаты и обсуждение

При определении количества твердых частиц, образующихся при процессе сгорания угля в печи, принималась наибольшая зольность применяемого угля, которая составила 60%. Результаты расчетов зависимости количества выделяющихся твердых частиц от расхода топлива (Ангренского угля) при различной зольности получены расчетно-аналитическим методом и представлены на рис. 1.

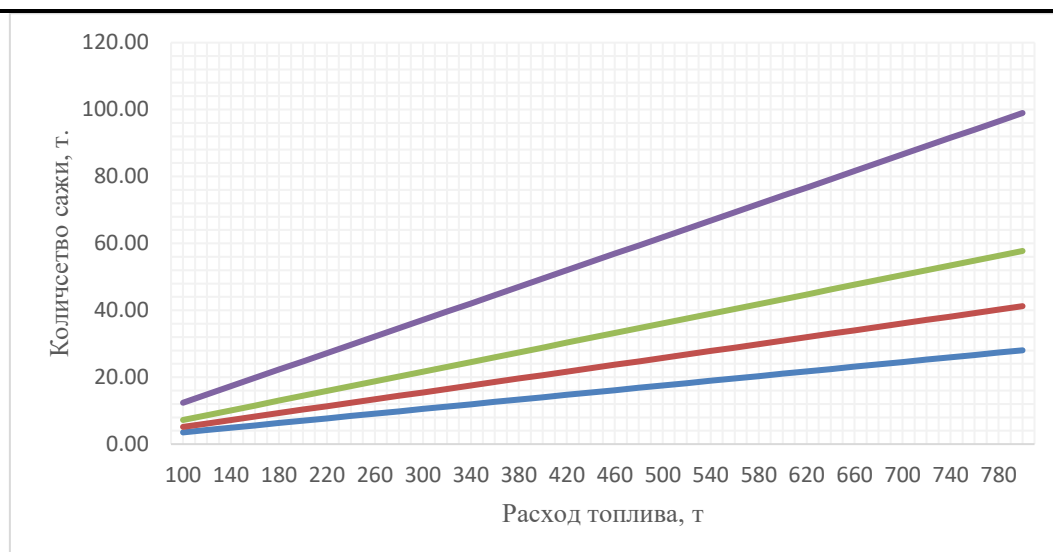


Рис. 1. Зависимость количества сажи от расхода топлива

Как видно из результатов расчета, зависимость носит линейный характер: с увеличением расхода топлива пропорционально увеличивается выход образующихся твердых частиц. Зольность используемого угля играет определяющую роль в суммарном объеме выбросов.

Элементный состав органической массы углей Ангренского месторождения приведен в табл. 2 [4, 5].

Таблица 2. Элементный состав углей Ангренского месторождения

№	Элементы	Марки угля	
		2БР-Б2	2БОМСШ-Б2
1	Углерод	63-77	60-75
2	Кислород	16-28	17-34
3	Водород	4,0-6,3	4,2-5,8
4	Азот	0,7-1,4	0,5-1,5

Оксиды кремния и алюминия составляют основную часть минеральной фазы золы. Химический состав золы углей марок 2БР-Б2 и 2БОМСШ-Б2 представлен в табл. 3.

Таблица 3. Химический состав золы углей Ангренского месторождения

№	Вещество	Количество в углях, % масс.	
		2БР-Б2	2БОМСШ-Б2
1	SiO ₂	58,1	66,9
2	Fe ₂ O ₃	2,1	1,6
2	Al ₂ O ₃	27,6	19,1
4	CaO	8,4	7,9
5	MgO	1,8	2,3
6	Na ₂ O	0,8	0,9
7	K ₂ O	1,2	1,3

Широкое промышленное применение углей с высокой зольностью определяет необходимость совершенствования систем улавливания твердых продуктов сгорания [6–8]. Конструктивная особенность аспирационных систем кольцевых печей обжига кирпича заключается в наличии кольцевого газоходного тоннеля в их нижней задней части, соединенного с вертикальной дымовой трубой.

Натурные исследования показали, что при сжигании угля происходит частичное гравитационное осаждение золы в горизонтальных секциях тоннеля. Следовательно, для точного расчетно-аналитического определения выноса золы в атмосферу необходимо ввести в расчетные формулы коэффициент осаждения Косажд, учитывающий конструктивные особенности газоходных трактов [9, 10].

4. Заключение

Результаты проведенных исследований подтверждают прямую линейную зависимость количества выносимых в атмосферу твердых ингредиентов от расхода и зольности бурого угля. Высокая зольность Ангренских углей (до 60%) обуславливает значительную пылевую нагрузку на пылегазоочистные установки.

Выявленный эффект гравитационного осаждения части золы в горизонтальных участках газоходного тоннеля кольцевых печей требует обязательного учета поправочного коэффициента в методиках расчета выбросов. Полученные данные служат основой для проектирования и расчета технологических параметров эффективных пылегазоочистных устройств (ПГОУ) на предприятиях по производству строительных материалов, что позволит существенно улучшить экологическую обстановку в районах их расположения.

Использованная литература / References

1. Инструкция по проведению инвентаризации источников загрязнения и нормированию выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для предприятий Республики Узбекистан. - Ташкент: Госкомприрода РУз, 2005. - С 84.
2. Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 тонн пара в час или менее 30 Гкал в час. - М.: НИИАтмосфера, 1999. - С 56.
3. Хурсанов Х.П. Угольная промышленность Узбекистана: Этапы становления, пути развития и перспективы//Горный вестник Узбекистана. - 2008. - № 1 (32). - С. 4–9.
4. Рахманов Х.Г., Тиллоев Л.И., Хайитов Р.Р. Определение физико-механических свойств и химического состава углей Ангренского месторождения // Universum: технические науки. - 2020. - № 11-2 (80). - С. 67–71.
5. International Energy Outlook 2002. - Washington: Energy Information Administration, U.S. Department of Energy, 2002. - P 285.
6. Гутенев В.В., Денисов В.В., Денисова И.А., Камышев А.П. Промышленная экология: учебное пособие. — Ростов н/Д: Феникс; М.: ИКИЦ «MapT», 2019. – С. 720.
7. Rakhmanov Kh.G., Tilloyev L.I., Khaitov R.R. Determination of physical and mechanical properties and chemical composition of coals from the Angren deposit // Universum: technical sciences. - 2020. - No. 11-2 (80). - P. 67–71.

-
8. Балабанов В.И., Журавлева Л.А., Мартынова Н.Б. Инженерная защита окружающей среды: учебник. - М.: ИНФРА-М, 2022. - С 233.
 9. Маматалиева Ф.Т. Пути снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу // Электронный научно-практический журнал «Синергия». - 2015. - № 1. - С. 79–84.
 10. Рашидов Р.Ф. Очистка отходящих газов предлагаемым скруббером // Universum: технические науки. - 2026. - № 3 (144). - С. 45–49.