

УДК 502.056.+666.7

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ КЕРАМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Е.Т. Темиркулов

Канд. техн. наук

Г.З. Шаяхметов

На примере производства глиняного кирпича рассмотрены физико-химические факторы антропогенного воздействия керамической промышленности. Все технологические передельные процессы производства керамического материала сопровождается выбросами пыли и вредных газообразных веществ в атмосферу.

Атмосфера всегда содержит определенное количество примесей, поступающих от естественных и антропогенных источников. К примесям, образованным естественными источниками, относятся: дым и газы от лесных и степных пожаров и вулканического происхождения, а так же пыль растительного, вулканического и космического происхождения; возникающая при эрозии почвы. К примесям антропогенного характера относятся выбросы промышленных предприятий, автотранспорта и теплоэнергетики. Это твердые частицы сажи, асбеста, свинца, смога (взвешенные жидкие капельки углеводорода и оксида азота) и газы (оксид углерода, оксиды азота, диоксид серы). В результате производственной деятельности промышленных предприятий Казахстана, ежегодно в атмосферу поступают вредные вещества в количестве, млн т: 1995 г. – 3,1; 1997 г. – 2,37; 1998 г. – 2,33 [7]. К самым многочисленным токсичным веществам, загрязняющим атмосферу, относятся: оксид углерода (CO), диоксид серы (SO₂), оксиды азота (NO_x), углеводороды (C_nH_m) и твердые вещества (пыль).

Потребляя большое количество минерального сырья, и имея в своей технологии такие процессы, как сушка и обжиг, керамическая промышленность стеновых материалов становится невольным источником выбросов пыли и газа в атмосферу. Рассмотрим факторы и уровни загрязнения атмосферного воздуха, пылью, образующейся в результате её деятельности. Производственной пылью называют взвешенные в воздухе, медленно оседающие твердые частицы размерами от нескольких десятков до долей микрометра. Обычно в атмосферу поступает пыль с размером частиц менее 10 мкм.

Пыль является одним из широко распространенных неблагоприятных факторов, оказывающих отрицательное воздействие на состояние здоровья человека. Находясь в атмосфере непродолжительное время в виде аэрозолей, пыль оседает на землю и поверхность водоемов, выступая при этом в роли источника накопления вредных веществ в биосфере и гидросфере до и выше предельных концентраций.

Суммарный объем пылевыведений по одному предприятию керамической промышленности определяется формулой:

$$\sum Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5, \quad (1)$$

где $\sum Q$ – суммарный объем пылевыведений, Q_1 – количество пыли, образуемой при хранении сырья, Q_2 – количество пыли, образуемой при транспортировке сырья, Q_3 – количество пыли, образуемой при помоле хранения и пересыпке угля, Q_4 – количество пыли, образуемой при таких процессах как сушка и обжиг, Q_5 – количество пыли, образуемой при выветривании золоотвалов.

Каждое из слагаемых формулы (1) рассчитывается и рассматривается далее как отдельная система. Доставляемое сырье (суглинок, глина, уголь) отгружается в бункер для приема сырья. В зависимости от сезона сырье на завод поступает с влажностью 10...20%. В теплое время года вследствие интенсивной влагоотдачи верхние слои становятся источниками пылеобразования. Усиливает фактор пылеобразования месторасположение бункера. Для удобного подъезда автотранспорта, бункера устанавливают на открытых площадках, что делает их доступными для ветра.

Точный объем пылевыбросов на стадии приема сырья узнать практически невозможно вследствие непрерывности этого процесса. Доставляемое сырье направляется на технологический передел, а его место занимает новая партия.

Примерное количество образовавшейся пыли можно рассчитать, используя методику, разработанную НПО «Союзстройэкология» [2]. По этой методике пылеобразование характеризуется как сдувы пыли при статистическом хранении материала и определяется следующим уравнением.

$$Q_1 = R_3 \cdot R_4 \cdot R_5 \cdot R_6 \cdot R_7 \cdot d^l \cdot F, \quad (2)$$

где R_3 – коэффициент, учитывающий местные метеоусловия (для Алматы $R_3 = 1$ [4]), R_4 – коэффициент, учитывающий местные условия, степень защищенности узла от внешних воздействий, условия пылеобразования; R_5 – коэффициент, учитывающий влажность материала и принимаемый в

соответствии с табличными данными, R_6 – коэффициент, учитывающий профиль поверхности складированного материала. Значение R_6 колеблется в пределах 1,3...1,6 в зависимости от крупности материала и степени заполнения, R_7 – коэффициент, учитывающий крупность материала, d^l – унос пыли с одного квадратного метра фактической поверхности в условиях, когда $R_3 = 1$; $R_5 = 1$, F – поверхность пыления в плане, m^2 .

Поверхность пыления F рассчитывается как отношение объема материала V_k к высоте насыпи h :

$$F = \frac{V}{h} . \quad (3)$$

В нашем случае величина F известна, она составляет $20 m^2$. Номинальные величины коэффициентов: $R_3...R_7$, d^l , F , которые соответствуют условиям Алматинского комбината строительных материалов (АКСМ), представлены в табл. 1.

Таблица 1

Сводная таблица расчетных параметров

Параметр	Единица измерения	Значение параметра
R_3 при среднегодовой скорости ветра 1,3 м/с	м/с	1
R_4 ,	-	0,5
R_5 ,	%	0,1
R_6	-	1,6
R_7	мм	/
d^l	-	0,004
F	m^2	20

В соответствии с формулой (2) и данными табл.1 находим количество сдуваемой пыли.

$$Q_l = 0,0064 \quad z / c .$$

Годовое количество выбросов только с бункера для приема сырья составляет 202 кг.

Помимо пыления бункера, рассеивание мелких частиц суглинка происходит в результате погрузочно-разгрузочных работ, транспортировки, пыления из-под колес автотранспорта. Объем пылевыбросов при автотранспортных работах можно рассчитать с помощью методики [2]. Общее количество пыли, выделяемое при работе автотранспорта, по этой методике, определяется следующим уравнением:

$$Q_2 = \frac{C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_6 \cdot N \cdot L \cdot C_7 \cdot q^1}{3600} + C_4 \cdot C_5 \cdot C_6 \cdot d^1_2 \cdot F_o \cdot n_1, \quad (4)$$

где C_1 – коэффициент, учитывающий среднюю грузоподъемность единицы автотранспорта и принимаемый в соответствии с табличными данными. Средняя грузоподъемность определяется как частное от деления суммарной грузоподъемности всех действующих машин на их число n и при условии, что максимальная и минимальная грузоподъемность отличается не более, чем в 2 раза, C_2 – коэффициент, учитывающий среднюю скорость передвижения транспорта и принимаемый в соответствии с табличными данными. Средняя скорость транспортирования определяется по формуле:

$$V_{cp} = \frac{N \cdot L}{n},$$

C_3 – коэффициент, учитывающий состояние дорог и принимаемый в соответствии с табличными данными, C_4 – коэффициент, учитывающий профиль поверхности материала на платформе и определяемый как отношение $F_{факт}/F$, где $F_{факт}$ фактическая поверхность материала на платформе, F_o – средняя плотность платформы. Значение C_4 колеблется в пределах 1,3...1,6 в зависимости от крупности материала и степени заполнения платформы, C_5 – коэффициент, учитывающий скорость обдува материала, которая определяется как геометрическая сумма скорости ветра и обратного вектора средней скорости движения транспорта. Значение коэффициента берется в соответствии с табличными данными, C_6 – коэффициент, учитывающий влажность поверхностного слоя материала, $C_6 = R_5$ в уравнении (1), N – число рейсов всего транспорта в ч., L – средняя протяженность пути, км, d_1 – пылевыведение в атмосферу на 1 км пробега при $\ell_1 = 1$, $\ell_2 = 1$, $\ell_3 = 1$ принимается равным 1450 г, d^1_2 – пылевыведения с единицы фактической поверхности материала на платформе, г/(м²·с), $d^1_2 = d^1$, F_o – средняя площадь платформы, м², n – число автомашин, C_7 – коэффициент учитывающий долю пыли, уносимой в атмосферу, равный 0,01.

Номинальные величины коэффициентов $C_1...C_7$, а также N , L , d_1 , d^1_2 , F_o и n , которые соответствуют условиям АКСМ представлены в табл. 2.

Находим количество пыли, выделяемое при работе автотранспорта $Q_2 = 0,56$ г/с. Если принять, что кирпичный завод работает 320 дней в году по две смены в сутки, то ежегодное количество пыли, выбрасываемое при автотранспортных работах, составляет 10323 кг/год.

Сводная таблица расчетных параметров

Обозначения	Наименование параметра	Значение параметра
C_1	Средняя грузоподъемность единицы автотранспорта	0,9
C_2	Средняя скорость передвижения автотранспорта	2
C_3	Состояние дорог	0,5
C_4	Профиль поверхности материала на платформе	1,5
C_5	Скорость обдува материала	1,5
C_6	Влажность поверхностного слоя материала	0,8
C_7	Доля пыли, уносимой в атмосферу	0,01
F_o	Средняя площадь платформы, м ²	7
N	Число рейсов всего транспорта, п/час	9
L	Средняя протяженность пути, км	10
d_1	Пылевыведение в атмосферу на 1 км пути, г	1450
d_2	Пылевыведение с ед. фактической поверхности, г/(м ² ·с)	0,004
n	Число автомашин, шт.	6

Технологический регламент кирпичных заводов, работающих по методу пластического формования, предусматривает добавление в производственную шихту угля, в качестве выгорающей добавки. Выгорающая добавка предназначена для лучшего спекания керамического черепка, а также для снижения количества топлива при обжиге кирпича. Объем добавки зависит от природы основного сырья. В зависимости от гранулометрического, минералогического составов, а также пластичности сырья, количество выгорающей добавки составляет 3...7% от общей массы производственной шихты [3].

Перед введением в шихту, уголь подвергается помолу в дробильно-сортировочной установке. Гранулометрический состав молотого угля характеризуется как остаток на сите (размером отверстия 3 мм) не более 6 %, что предопределяет содержание в нем большого количества пылевидной фракции. Характерными свойствами угольной пыли является наибольшая сдуваемость и наименьшая критическая скорость. Относительно высокая сдуваемость угольной пыли может быть объяснена ее меньшим объемным весом и гидрофобностью.

Топливо состоит из горючих веществ углерода, водорода, летучей серы, и негорючих, называемых балластом, золы и влаги, т.е.

$$C + H + O + N + S + A + W = 100\% \quad (5)$$

где C, H, O, N, S – элемент топлива; A – зольность; W – влажность.

По сухой массе

$$C + H + O + N + S + A = 100\% \quad (6)$$

В процессы работы с молотым углем в атмосферу попадает большое количество органической массы (C, H, O, N), а также небольшое количество летучей серы и минеральных частиц.

Используя методику [2] рассчитаем объем пылевыведений при разгрузке молотого угля самосвалами в бункер:

$$Q_3 = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3 \cdot R_4 \cdot R_5 \cdot R_7 \cdot 13^l \cdot G \cdot 10^6}{3600}, \quad (7)$$

где R_3, R_4, R_5, R_7 – коэффициенты, аналогичные коэффициентам в уравнении (2). R_1 – весовая доля пылевой фракции в материале; R_2 – доля пыли (от всей массы пыли), переходящая в аэрозоль; B^l – коэффициент, учитывающий высоту пересылки; G – производительность узла пересылки, т/н.

Номинальные величины коэффициентов $R_1 \dots R_7, B^l$ и G , которые соответствуют условиям АКСМ представлены в табл. 3.

Таблица 3

Сводная таблица расчетных параметров

Обозначение	Наименование параметра	Значение параметра
R_1	Весовая доля пылевидной фракции в материале	0,03
R_2	Доля пыли переходящая в аэрозоль	0,02
R_3	Местные условия	1
R_4	Местные условия, степень защищенности узла от внешних воздействий	0,3
R_5	Влажность материала	0,9
R_7	Крупность материала	1
B^l	Высота пересыпки материала	0,6
G	Производительность узла пересыпки, т/ч	1,4

Подставляя данные в формулу (7) находим количество пыли, попадающей в атмосферу при работе с молотым углем

$$Q_3 = 0,1 \text{ г/с.}$$

Ввиду того, что разгрузка угля процесс периодичный, невозможно точно и с достаточной научной обоснованностью определить ежегодный объем выбросов угольной пыли. Наши расчеты показывают, что примерное ежегодное количество пылевых выбросов составляет 1,5 т/год.

Завершающим и самым основным процессом в технологии строительной керамики является обжиг. От правильно выбранного режима обжига зависит количество и качество выпускаемой продукции. В основе обжига лежит горение топлива и физико-химические процессы, протека-

ющие в керамическом черепке. Подробно процесс горения топлива будет рассмотрен ниже. Конечные продукты полного сгорания топлива – дымовые газы и очаговые остатки, состоящие из золы и шлака.

На примере АКСМ рассчитаем количество пыли, выбрасываемой в атмосферу вместе с дымовыми газами. В качестве топлива АКСМ использует уголь Карагандинского бассейна. В начале определяем количество топлива необходимого для функционирования обжиговой печи в течение года. По технологическому регламенту предприятия, удельный расход топлива на 1000 штук условного кирпича составляет 250 кг. При мощности комбината 57 млн условного кирпича в год, ежегодное количество потребляемого топлива составит 14,25 млн кг топлива в год.

Опираясь на научно-исследовательскую работу Казоргтехстрема [5], мы можем определить количество дымовых газов, исходя из количества потребляемого топлива. При сжигании 250 кг топлива образуется 60 тыс. кг дымовых газов. Следовательно при сжигании 14,25 млн кг топлива образуется 3,42 млрд кг дымовых газов. В состав дымовых газов входят: непрореагировавший воздух, газообразные продукты сгорания, зола и мелкие минеральные частицы. Ежегодное количество пыли (Q_d), выбрасываемое в атмосферу вместе с дымовыми газами рассчитывается по предложенной нами методике.

Суть метода выражается формулой

$$Q_{g.n.} = \frac{M}{100} \cdot \left(A - \frac{G \cdot 100}{m} \right), \quad (8)$$

где $Q_{g.n.}$ – количество пыли в дымовых газах, кг; M – количество угля потребляемого предприятием в год, кг; A – зольность угля, %; G – масса золы, выгружаемой после одного технологического цикла, кг/г; m – масса угля загружаемого для функционирования обжиговой печи в течение одного часа, кг/ч.

Согласно материальному балансу предприятия, количество угля, сжигаемого в течение одного часа, составляет 70 кг в сухом состоянии, а количество образовавшейся при этом золы составляет 198 кг. Зольность используемого АКСМ угля составляет 32%.

Зная все необходимые параметры, определяем количество пыли в дымовых газах:

$$Q_{g.n.} = 534000, \quad \text{кг / год.}$$

Объем дымовых газов, равный 3,42 млрд кг, содержит 534 тыс. кг пыли. Из этого следует, что 1 кг дымовых газов содержит 0,156 г пыли. Кроме брака при сушке и обжиге, отходами производства керамического кирпича, является зола, образующаяся после сжигания каменного угля. По физическому состоянию отходы, образующиеся при сжигании топлива, можно разделить на три основных типа [1]:

зола – рыхлая масса, состоящая из не оплавленных или оплавленных с поверхности мелких зерен. Она образуется при относительно низких температурах;

шлак – спекшаяся, пористая, достаточно прочная масса, состоящая из отдельных кусков неправильной формы размером от 1...3 мм до 15...25 мм. Образуется при температурах выше 1000 °С;

стеклокристаллический шлак – минеральная часть топлива, получившаяся после охлаждения расплава – плотная, высокой прочности, стекловидная или закристаллизованная масса. Обычно расплавление достигается при температуре выше 1400 °С.

Согласно данной классификации, отходы, образующиеся в обжиговых печах после сжигания каменного угля, состоят из золы и шлака. При этом основную часть, ввиду низких температур, составляет зола, около 97 %.

Количественный и качественный состав золоотвалов зависит от природы угля, способа сжигания и объемов его потребления. Золы в основном состоят из SiO_2 , Al_2O_3 и CaO [6]. Основные минералы в них мета- и ортосиликаты, алюминаты, ферриты, алюмоферриты, шпинелли, дегидратированные глинистые минералы, кварц, тридимит, кристоболит, корунд, γ -глинозем, оксид кальция, оксид магния. Отмечены сульфаты, хлориды, фториды, кальцит, портландит, гидроксиды железа.

Золы имеют большую способность к пылеобразованию. Этот факт объясняется небольшим удельным весом данного материала.

Зольность каменного угля, используемого АКСМ, составляет 32 %. Как видно из предыдущего пункта, 3,8 % золы уносится с дымовыми газами в атмосферу. Оставшаяся зола, в количестве 28,2 % от массы топлива, собирается в золоотвалах. При потреблении 14,25 млн кг угля в год, количество образовавшейся золы составляет 4018500 кг в год.

Для определения ежегодного объема пылевывосов с поверхности золоотвалов (Q_5) воспользуемся уравнением 12 по методике [2]. Вследствие длительного хранения золоотвалов, а именно в разных клима-

тических условиях каждый период года, расчет пылевывбросов в атмосферу следует вести по сезонам.

Величины расчетных параметров по каждому периоду года представлены в табл. 4.

Таблица 4

Сводная таблица расчетных параметров

Параметр	Значение параметра по сезонам			
	зима	весна	лето	осень
R_3	1	1	1	1
R_4	1	1	1	1
R_5	0,01	0,7	0,9	0,7
R_6	1,3	1,3	1,3	1,3
R_7	0,8	0,8	0,8	0,8
d	0,005	0,005	0,005	0,005
F	435	435	435	435

Величина R_3 бралась из условия, что среднегодовая скорость ветра составляет 1,1 м/с [4].

Определяем количество сдуваемой пыли с поверхности золоотвалов:

зимний период (90 дней):

$$Q_z = 155,5 \text{ кг} / \text{год}$$

весенний период (92 дня):

$$Q_v = 11923,2 \text{ кг} / \text{год}$$

летний период (92 дня):

$$Q_l = 15897,5 \text{ кг} / \text{год}$$

осенний период (91 день):

$$Q_o = 11793,6 \text{ кг} / \text{год}$$

Общее годовое количество пыли, сдуваемой с поверхности золоотвала, составляет:

$$Q_s = Q_p + Q_v + Q_l + Q_o \approx 39700 \text{ кг} / \text{год}$$

Определив количество пылевывбросов на каждом технологическом переделе, мы можем узнать суммарный ежегодный объем выбросов пыли в атмосферу одним предприятием стеновой керамической промышленности. Подставляя значения в формулу (1) получаем:

$$\Sigma Q = 585725 \text{ кг} / \text{год}$$

Таким образом основными источниками выбросов кирпичного завода являются процессы приема сырья, транспортировки сырья, помол и

хранение молотого угля, обжиг изделия, выгрузка и хранение золы. На примере АКСМ, количество пыли, поступающей в атмосферу вместе с дымовыми газами, составляет 585725 кг/год, при этом на каждый кубический метр дымовых газов приходится 0,156 г твердых частиц.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боженков П.И. Комплексное использование минерального сырья и экология. – М.: Изд-во АСВ, 1994. – 264 с.
2. Гаврилова А.С., Чебурова В.Д., Перестюк Л.Н. Методическое пособие по расчету выбросов от неорганизованных источников в промышленных материалах. – Новороссийск, НПО «Союзстромэкология», 1989. – 25 с.
3. Госин Н.Я., Соболев М.А. Производство глиняного кирпича; Под ред. Г.В. Нагибина. – М.: Стройиздат, 1971. – 204 с.
4. МСН 2.04-01-98. Строительная климатология. – М.: Изд-во стандартов, 1998. – 113 с.
5. Оказание помощи в обработке оптимальных технологических параметров производства кирпича Алма-Атинского КСМ: Отчет о НИР / Казоргтехстром. – Алма-Ата, 1986. – 33 с.
6. Пантелеев В.Г. Золошлаковые материалы и золоотвалы. – М.: Изд-во Энергия, 1978. – 295 с.
7. Статистический ежегодник Казахстана / Сост. Ж.А. Кулекеев. – Алматы: Ғылым, 1999. – 62 с.

Центральная лаборатория сертификационных испытаний строительных материалов

КЕРАМИКАЛЫҚ ӨНЕРКӘСІПТІҢ АНТРОПОГЕНДЫҚ ӘСЕР ЕТУІНІҢ ФИЗИКА-ХИМИКАЛЫҚ ФАКТОРЛАРЫ

Е.Т. Темиркулов

Техн. ғылымд. канд. Г.З. Шаяхметов

Жұмыста керамикалық өнеркәсіптің саз балшықтан істелген кірпіш өндірісі мысалында физико-химиялық факторлардың антропогендік әсер етуі көрсетілген.