



УДК 628.4

Барышева О.Б. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: obbars@mail.ru

Хабибуллин Ю.Х. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: a0an@mail.ru

Мусин Б.Х. – студент

E-mail: bulatmusa@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Метод утилизации твердых бытовых и промышленных отходов

Аннотация

Постановка задачи. Любые отходы можно классифицировать по происхождению на бытовые, промышленные, медицинские, сельскохозяйственные и т.д., и по свойствам на «опасные», т.е. токсичные, едкие, воспламеняющиеся и т.п., и «неопасные». Твердыми бытовыми отходами (ТБО) или по западной терминологии «твердыми муниципальными отходами» (Municipal Solid Waste) обычно называют отходы, захоронением или утилизацией которых занимаются городские власти, хотя в последние годы заметно возросла на Западе роль частных предприятий в сборе и переработке ТБО. В связи с этим, было решено найти универсальную методику расчета условной молекулы топлива.

Результаты. Авторами найдена универсальная методика расчета условной молекулы топлива. Поскольку состав и объем бытовых отходов чрезвычайно разнообразен, а усредненные характеристики и свойства этих отходов могут существенно различаться не только для различных стран, но и для различных регионов отдельной страны и даже для разных районов одного и того же города, то для нахождения формулы условной молекулы топлива был использован среднестатистический состав твердых бытовых и промышленных отходов.

Выводы. Авторами была разработана методика расчета условной молекулы топлива. Эта формула необходима для того, чтобы определить при сжигании топлива состав продуктов сгорания, выявить наличие диоксинов и их предвестников, и предпринять меры по обезвреживанию продуктов сгорания. Данная формула может быть использована для любого топлива.

Ключевые слова: диоксины, кинетика, равновесие, неравновесие, прогнозирование, твердые бытовые отходы.

Рост объемов ТБО и обращение с ними вызывает множество экономических, экологических, социальных и медицинских проблем. Это проявляется, в частности, в резко отрицательном отношении населения к традиционным методам утилизации мусора (особенно с использованием свалок), принятии более жестких экологических стандартов (что в свою очередь приводит к росту цен утилизации и необходимости привлечений крупных инвестиций), в совершенствовании управления отходами. Понятие управление отходами (Waste management) включает комплекс мероприятий не только по организации сборов отходов, их эффективной утилизации, но и мероприятия по уменьшению количества самих отходов.

Объем бытовых отходов в развитых странах составляет от 1 до 3 кг на человека в день. Недавний дефицит в России товаров и потребительских услуг приводил к меньшим, чем на Западе, объемам ТБО на душу населения и составлял 0,2-0,5 кг в день на человека. Однако экономические и политические процессы, происходящие в России в настоящее время, способствуют устойчивому росту и разнообразию бытовых отходов, а возросшая самостоятельность местных властей приводит к тому, что становится проблематичным создание мощного предприятия по переработке мусора на относительно дешевой земле

вдали от городов, поскольку никто не хочет «чужого» мусора. Все это также свидетельствует о необходимости разработки новых экологически чистых технологий по переработке ТБО.

Проведенный анализ литературных источников по структурному составу ТБО в различных регионах России несмотря на определенные различия в отдельных ингредиентах бытовых отходов позволил представить их среднестатистический состав, а также типичный состав отходов медицинских учреждений в табл. 1.

Таблица 1

Средний структурный состав ТБО

Наименование отходов	Удельное содержание ингредиентов в общей массе ТБО в %
	ТБО
Бумага, картон	36,6
Пищевые отходы	27,5
Древесина	4,1
Стекло	3,3
Металл	4,0
Камни, керамика, гипс	1,2
Текстильные отходы	5,1
Пластмассы, полимеры	6,0
Резина, кожа	1,5
Кости	1,7
Операционные отходы	-
Отработанные лекарственные препараты	-
Прочие отходы	9,0

Одним из направлений утилизации отходов является метод термического обезвреживания (сжигания) ТБО. Для прогнозирования параметров горения необходимы сведения об энергетической эффективности отходов.

Тепловые эффекты химических реакций горения, фазовых переходов (плавления, кипения и т.д.), полиморфных превращений и других процессов, протекающих при постоянном давлении (что характерно, в частности, для топочных устройств), характеризуются изменением энтальпии (ΔH). Используемые в термодинамических расчетах величины энтальпий имеют относительные значения с некоторым условным началом отсчета и обозначаются символами I , если размерность кДж/кмоль, или $i = I/m$, кДж/кг. В теплотехнических расчетах топочных устройств традиционно пользуются теплотой сгорания (теплотворностью), представляющей собой количество теплоты, выделяющейся при полном сгорании единицы массы или объема горючего при некоторых стандартных условиях сжигания. При этом используют низшую теплоту сгорания H_u , при определении которой тепловой эффект рассчитывают при условии, что вода в продуктах сгорания при стандартной температуре находится только в газообразном состоянии. Зная величину H_u , можно определить значение энтальпии ТБО $i_{ТБО}$ по следующей зависимости:

$$i_{ТБО} = H_u / (1 + k_m^\circ) + i_{nc}(T_0), \quad (1)$$

где k_m° – массовый стехиометрический коэффициент, кг воздуха/кг ТБО; $i_{nc}(T_0)$ – энтальпия недиссоциированных газообразных продуктов сгорания ТБО при $T_0 = 298,15$ К.

Низшая теплота сгорания H_u бытовых отходов колеблется от 4,2 до 12,6 МДж/кг. Теплоту сгорания среднестатистического состава ТБО можно принять равной 8,4 МДж/кг. Значения низшей теплоты сгорания некоторых составляющих ТБО приведены в табл. 2.

Таблица 2

Низшая теплота сгорания твердых веществ и материалов, присутствующих в ТБО

Вещество	H_u , МДж/кг	Вещество	H_u , МДж/кг
Бумага	17,6	Белок растительный	23,45
Бумага разрыхленная	13,4	Сахар	16,5
Картон	16,5	Мука	16,6
Волокно:		Ячмень	17,37
ацетатное	18,77	Зерно	16,8
капрон	30,72	Крахмал	16,6
лавсан	22,58	Кожаные обрезки	19,9
нитрон	30,75	Линолеум	21,0
шерстяное	23,14	Оргстекло	25,1
Шелк	21,00	Парафин твердый	11,2
Шерсть	20,5-23,1	Пенополистирол	41,63
Текстиль	18,84	Пенополиуретан	24,3
Хлопок	17,5	Пенопласт ПХВ-1	19,51
Хлопок разрыхленный	15,7	Пенопласт ФС-7	24,43
Дерматин	21,54	Пенопласт ФФ	31,4
Жиры животные	40,00	Полиэтилен	46,62
Животное масло	38,2	Триацетат	19,1
Древесина сосновая	15,32-20,85	Целлофан	17,37
Древесина дубовая	19,9	Целлюлоза	16,4
Древесново-локнистая плита	20,9	Рубероид	29,5
Каучук синтетический	40,2	Толь	15,95
Каучук натуральный	44,8	Кальций	15,5
		Алюминиевый порошок	31,1
		Плитка полистирольная	41,87
		Резина	14,1
		Резинотехнические изделия	33,5

Элементный химический состав бытовых отходов

Для определения состава и параметров продуктов сгорания бытовых отходов необходимо знание элементного химического состава ТБО. Как и всякое топливо ТБО преимущественно состоит из горючей и негорючей частей. Горючая часть ТБО состоит из сложных органических соединений, в состав которых входят: углерод (C), водород (H), кислород (O), азот (N), сера (S) и хлор (Cl). В состав горючей части могут входить также металлы, фосфор и другие вещества, участвующие в реакциях горения. Негорючая часть ТБО состоит из влаги (W) и минеральных (неорганических) веществ, превращающихся при сжигании ТБО в золу (A). В химическом составе ТБО специальным верхним индексом отмечается, при каких условиях определено содержание в ТБО или топливе различных горючих и негорючих составляющих. Так элементный состав только органической массы топлива отмечается индексом «о». Состав, полученный добавлением к органической массе части серы из минеральных примесей, способных участвовать в процессе горения (главным образом, колчеданной серы FeS_2), определяет горючую массу топлива и содержит индекс «г». Состав горючей массы с минеральными и негорючими примесями «А» характеризует сухую массу топлива и включает индекс «с». Добавление к сухой массе влаги W представляет собой рабочий состав горючего, обозначаемый индексом «р». Таким образом, состав рабочей массы может быть представлен, например, в виде процентного содержания химических элементов, минеральной неорганической составляющей и влаги:

$$H^p + C^p + N^p + O^p + A^p + W^p = 100 \% \quad (2)$$

При сжигании или термической переработке топлива или ТБО содержащиеся в нем минеральные вещества претерпевают различные изменения. Аналогичные изменения происходят при стандартном определении зольности ТБО. По анализу золы испытуемого образца топлива можно определить количественное содержание химических элементов в минеральной части ТБО, но не точно восстановить исходный состав минеральных веществ. Поэтому в расчетах обычно делается допущение о равенстве по массе и составу минеральной части топлива и золы, образующейся при сгорании этого ТБО табл. 3.

Таблица 3

Химический состав ТБО

углерод	18-32 %
кислород	15-22 %
азот	0,2-0,4 %
сера	0,1-0,4 %
хлор	0,1-0,8 %

По данным Академии коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова элементный состав среднестатистических твердых бытовых отходов в процентах по массе может быть задан следующим образом:

$$C^p = 29,7, H^p = 3,6, O^p = 22,6, N^p = 0,3, S^p = 0,1, Cl^p = 0,7, A^p = 24,3, W^p = 18,7.$$

Зола ТБО состоит из оксидов алюминия, кремния, кальция и других элементов.

Для пересчета состава ТБО с одной массы на другую, более обогащенную горючим, пользуются следующими соотношениями:

$$A^{(i)c} = A^{(i)p} \frac{100}{100 - W^p}, \quad (3)$$

$$A^{(i)s} = A^{(i)p} \frac{100}{100 - W^p - A^p}, \quad (4)$$

где $A^{(i)}$ – символ химического элемента i ; $A^{(i)c}$ и $A^{(i)s}$ – соответственно процентное содержание элемента i в сухом и горючем составах; A^p – процентное содержание золы в рабочем составе.

С учетом зависимостей (3) и (4) элементные составы сухой и горючей масс среднестатистических твердых бытовых отходов можно представить в процентах по массе в виде:

$$C^c = 36,53, H^c = 4,428, O^c = 27,798, N^c = 0,369, S^c = 0,123, Cl^c = 0,861, A^c = 29,889; \quad (5)$$

$$C^s = 52,105, H^s = 6,316, O^s = 39,649, N^s = 0,526, S^s = 0,175, Cl^s = 1,228.$$

Таким образом, твердые бытовые отходы можно представить состоящими на 57 % из горючей массы состава (5), на 24,3 % из минеральной части (золы) и 18,7 % воды. В свою очередь минеральная часть (зола) задается процентным составом (массовыми) долями оксидов металлов: SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , K_2O , SO_3 и др. Если в состав ТБО входят металлы в виде крупных фрагментов различных деталей, а также обрезки уголков, жестяные банки, гвозди и т.д., то в исходные данные по составу ТБО в горючую часть необходимо включить массовую долю металла, участвующего в горении с образованием окалина, а в минеральную, неизменяемую часть – остальную долю металла, не участвующего в горении, но снижающего температуру за счет аккумуляции тепла, фазовых превращений.

Условная формула компонентов топлива

Для расчета химического состава продуктов сгорания, нагрева или разложения, необходимы данные об элементном составе исходных веществ: окислителе и горючем. В данном случае окислителем является воздух (точнее кислород воздуха), а горючим ТБО. Результаты расчета химического состава не должны зависеть от химических формул, представляющий исходный элементный состав. Поэтому элементный состав участвующих в высокотемпературных процессах исходных веществ целесообразно представлять условной формулой. Эту формулу обычно относят к некоторой условно выбранной молекулярной массе.

Представим согласно [1-4], исходную условную формулу любого компонента с выбранной произвольно молекулярной массой m_k в символьном виде:

$$A_{b_{1k}}^{(1)} A_{b_{2k}}^{(2)} A_{b_{ik}}^{(i)} \dots A_{b_{mk}}^{(m)}, \quad (6)$$

где $A^{(i)}$ – символ химического элемента с количеством атомов b_{ik} в условной формуле компонента, m – число различных химических элементов в компоненте.

Вычисление количества атомов b_{ik} , зависит от способа задания исходного химического состава компонента. Так, если компонент является индивидуальным веществом с известной химической формулой, например, метан, пропан, кислород и т.д., то значения b_{ik} вычисляют по формуле:

$$b_{ik} = b_i (\mu_k / \mu), \quad (7)$$

где b_i – число атомов элемента i в известной химической формуле компонента с молекулярной массой m . В частности, отношение μ_k / μ может быть равно единице, т.е. для расчетов задается истинная химическая формула компонента.

Состав ТБО, нефтяных углеводородных горючих (бензина, керосина, дизельного топлива, мазута) можно характеризовать содержанием химических элементов в массовых долях g_i . В этом случае при выбранной молекулярной массе μ_k числа b_{ik} рассчитывают по формуле:

$$b_{ik} = \mu_k \left(\frac{g_i}{\mu_i} \right), \quad (8)$$

где m_i – атомная масса химического элемента $A^{(i)}$. Если выбрать $m_k = 1$ кг/кмоль, то в соответствии с формулой (8) условная формула 1 кг углеводородного горючего примет вид:

$$\frac{C g_C}{\mu_C} \frac{H g_H}{\mu_H} \frac{O g_O}{\mu_O} \frac{S g_S}{\mu_S} \frac{N g_N}{\mu_N}. \quad (9)$$

Компонент топлива может быть раствором или механической смесью нескольких веществ с известными истинными или рассчитанными условными химическими формулами; содержание веществ может быть задано их массовыми долями в компоненте g_n , $n=1, 2, 3, \dots, r$. При выбранном значении μ_k формула для вычисления b_{ik} записывается так:

$$b_{ik} = \mu_k \sum_{n=1}^r (b_{in} g_n / \mu_n), \quad (10)$$

где b_{in} – количество атомов элемента $A^{(i)}$ в формуле вещества n с молекулярной массой m_n .

Состав газообразных горючих, а также воздуха часто характеризуют объемным содержанием (объемными долями или в процентах) отдельных веществ с известными химическими формулами. Известно, что для смесей идеальных газов объемные доли совпадают с мольными долями x_n ($n=1, 2, 3, \dots, r$). Учитывая простую связь мольных x_n и массовых g_n долей, формулу (10) для произвольно выбранного значения m_k можно записать в виде:

$$b_{ik} = (\mu_k / \mu_{cm}) \sum_{n=1}^r b_{in} x_n, \quad (11)$$

где m_{cm} – молекулярная масса газообразного топлива (смеси газов) или воздуха.

Например, сухой воздух содержит (в процентах объема) 78,09 % N_2 , 20,95 % O_2 , 0,93 % Ar , 0,03 % CO_2 . Выбирая $m_k = m_{cm} = m_v$ и пренебрегая содержанием в воздухе Ar и CO_2 , условную формулу воздуха можно записать в виде:

$$O_{b_O} N_{b_N}, \quad b_O = 2x_{O_2}, \quad b_N = 2x_{N_2}.$$

Условная формула топлива

Условную формулу топлива, состоящего из окислителя и горючего, можно составить, если известно либо соотношение компонентов k , вычисляемое по известным расходам окислителя $\dot{m}_{ок}$ и горючего $\dot{m}_g$:

$$k = \dot{m}_{ок} / \dot{m}_g, \quad (12)$$

либо коэффициент избытка окислителя:

$$\alpha_{ок} = k_m / k_m^\circ, \quad (13)$$

где k_m° – массовое стехиометрическое соотношение [кг ок/кг гор], соответствующее полному замещению электроположительных валентностей горючих (окисляющихся) химических элементов валентностями окислительных элементов. Согласно такому определению:

$$k_m^\circ = \alpha^\circ \mu_{ок} / \mu_g, \quad (14)$$

где $m_{ок}$ и m_f – вычисляемые по $b_{ик}$ в условных формулах молекулярные массы окислителя и горючего; α° – мольное стехиометрическое соотношение [моль ок/моль гор], определяемое по соотношению:

$$\alpha^\circ = - \sum_{i=1}^m b_{i2} n_i / \sum_{i=1}^m b_{iок} n_i, \quad (15)$$

где n_i – валентности химических элементов.

Величину α° обычно определяют по высшим валентностям химических элементов, соответствующим образованию продуктов только полного сгорания, например, CO_2 , H_2O . Поэтому при горении углеводородных горючих в воздухе или кислороде валентности элементов C, H, O, N, S, Cl соответственно составляют 4, 1, -2, 0, 4, -1. Принимаемые в расчетах значения α° валентности химических элементов даны в [5-8, 9-11].

По известным значениям $\alpha_{ок}$ и α° можно составить химическую формулу условной молекулы двухкомпонентного топлива с количеством атомов каждого химического элемента b_{im} и молекулярной массой μ_m :

$$\left. \begin{aligned} b_{im} &= b_{i2} + \alpha_{ок} \alpha^\circ b_{iок} \\ \mu_m &= \mu_2 + \alpha_{ок} \alpha^\circ \mu_{ок} \end{aligned} \right\}. \quad (16)$$

Другим путем определения химической формулы двух- или многокомпонентного топлива является представление топлива в виде раствора или механической смеси окислителя и горючего. Массовые доли окислителя $g_{ок}$ и горючего g_2 определяются по соотношениям:

$$\left. \begin{aligned} g_{ок} &= \frac{k_m}{1+k_m} = \frac{\alpha_{ок} k_m^\circ}{1+\alpha_{ок} k_m^\circ} \\ g_2 &= \frac{1}{1+k_m} = \frac{1}{1+\alpha_{ок} k_m^\circ} \end{aligned} \right\}. \quad (17)$$

Для определения количества атомов химических элементов в условной формуле топлива в этом случае используется зависимость (10).

Полученные значения чисел атомов в формуле условной молекулы топлива является исходными величинами при решении уравнений сохранения вещества.

Приведем параметры условной формулы ТБО, элементный состав горючей части которого задан значениями (5). Молекулярную массу условной молекулы горючей части ТБО примем равной 1000 кг/кмоль. В соответствии с формулой (8) будем иметь:

$$(C_{43,38}H_{62,66}O_{24,78}N_{0,375}S_{0,0546}Cl_{0,346})^2. \quad (18)$$

Предположим, что минеральная часть ТБО (зола) содержит: CaO – 37 %; SiO_2 – 29 %; Al_2O_3 – 20 %; K_2O – 14 %. Точный состав золы определяют химическим анализом. В соответствии с формулой (10) получим химическую формулу условной молекулы золы:

$$(O_{23,622}Ca_{6,598}Si_{4,826}Al_{3,923}K_{2,9725})^3. \quad (19)$$

Химическую формулу воды H_2O также запишем для $\mu_{H_2O} = 1000$ кг/кмоль. В соответствии с формулой (7) имеем:

$$H_{111,02}O_{55,51}. \quad (20)$$

Ранее было принято, что горючей смеси в ТБО содержится 57 %, минеральной – 24,3 % и воды 18,7 %. С учетом этого по соотношению (10) получим химическую формулу условной молекулы ТБО:

$$C_{24,73}H_{56,47}O_{80,425}N_{0,2137}S_{0,0311}Cl_{0,1972}Ca_{1,6033}Si_{1,1727}Al_{0,9533}K_{0,7223}. \quad (21)$$

Условная формула воздуха в расчете на 1000 кг/кмоль составляет:

$$N_{53,91}O_{14,48}Ar_{0,3204}C_{0,01045}, \quad (22)$$

С учетом химических формул условных молекул воздуха и ТБО массовый стехиометрический коэффициент равен:

$$k_m^\circ = \alpha^\circ \mu_2 / \mu_{ТБО} = 3,6636 \text{ кг воздуха/кг ТБО}.$$

Предполагая механизм горения ТБО в воздухе диффузионным, для которого характерно $\alpha_2 \approx 1$, химическая формула условной молекулы топлива (воздух+ТБО) в соответствии с (16) примет вид:

$$C_{24,768}H_{56,47}O_{83,475}Ar_{1,1738}S_{0,0311}Cl_{0,1972}Ca_{1,6033}Si_{1,1727}Al_{0,9533}K_{0,7223}, \quad (23)$$

$$m_f = 4663,67 \text{ кг/кмоль}.$$

После приведения к молекулярной массе $m_f = 1000$ кг/кмоль, условная молекула топлива примет вид:

$$C_{5,3108}H_{12,108}N_{42,396}O_{17,899}Ar_{0,2517}S_{0,0066}Cl_{0,0423}Ca_{0,3438}Si_{0,2515}Al_{0,2044}K_{0,1548}. \quad (24)$$

Пренебрегая давлением насыщенных паров конденсированных веществ, входящих в состав золы, что допустимо для температур менее 2000 К, можно сразу найти массовые доли оксидов металлов. Поскольку для окисления одного атома *Ca*, *Si*, *Al*, *K* требуется соответственно 1, 2, 1,5, 0,5 атома кислорода, то на окисление кальция, содержащегося в топливе, уйдет 0,3438 атома кислорода, на окисление кремния – 0,503, алюминия – 0,3066, калия – 0,0774 атомов кислорода. На сумму этих чисел уменьшится число атомов кислорода в условной молекуле топлива без металлов. Молекулярная масса $Ca_{0,3438}O_{0,3438}$ равна 19,28 кг/кмоль. Поскольку условная формула топлива (24) рассчитана на $m_T=1000$ кг/кмоль, то массовая доля оксида кальция *CaO* составит $z_{CaO}=0,01928$.

Аналогично получим $z_{SiO_2}=0,0151$, $z_{Al_2O_3}=0,01042$, $z_{K_2O}=0,00729$. Суммарная массовая доля конденсата равна $z_{\Sigma}=0,0521$. Теперь расчет равновесного состава газовой фазы топлива можно провести для условной молекулы топлива с меньшим числом химических элементов:



При расчете температуры горения топлива влияние конденсата учитывается энтальпией продуктов сгорания, включающей как газовую, так и конденсированную фазы:

$$i_{nc} = (\sum_q n_q I_q + \sum_q n_{qs} I_{qs}) / (N \mu_{nc}), \quad (26)$$

где индекс «s» обозначает конденсированное вещество; n_q – число молей вещества «q»; $N = \sum_q n_q$ – суммарное число молей газообразных веществ; μ_{nc} – средняя молекулярная масса смеси.

В итоге, мы получили формулу, из которой можем найти состав продуктов сгорания при любых значениях давления, температуры и энтальпии. Мы сможем спрогнозировать до процесса утилизации ТБО возможный выброс канцерогенов, и, следовательно, сможем предотвратить этот процесс.

Список библиографических ссылок

1. Коробко В. И., Бычкова В. А. Твердые бытовые отходы. М. : Юнити-Дана, 2014. 132 с.
2. Подавалов Ю. А. Экология нефтегазового производства. М. : Инфра-Инженерия, 2010. 416 с.
3. Другов Ю. С., Муравьев А. Г., Родин А. А. Экспресс-анализ экологических проб. М. : Бином. Лаборатория знаний, 2010. 424 с.
4. Почекаева Е.И. Экология и безопасность жизнедеятельности. М. : Феникс, 2010. 560 с.
5. Федоров Л.А. Химическое разоружение по-русски. М. : НЛЮ, 2011. 984 с.
6. Акинин Н.И. Техносферная безопасность. М. : ИД, 2016. 248 с.
7. Астахов А.С., Диколенько Е.Я., Харченко В.А. Экологическая безопасность и эффективность природопользования. М. : Феникс, 2010. 323 с.
8. Porter M. What is strategy? Harvard : Business Review, 2009. 108 p.
9. Mill R. S., Morrison A. M. Nature and Ecology. Boston : Prentice-Hall, 2009. 230 p.
10. Chapman J. L. Ecology. Cambridge : Second Edition, 2009. 336 p.

Barysheva O.B. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: obbars@mail.ru

Khabibullin Iu.Kh. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: a0an@mail.ru

Musin B.Kh. – student

E-mail: bulatmusa@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

The method of utilization of Municipal Solid Waste

Abstract

Problem statement. Any waste can be classified by origin to the household, industrial, medical, agricultural, etc., and by properties – to the «dangerous», toxic, corrosive, flammable, etc., and «non-hazardous». Municipal solid waste (MSW) or Western terminology «municipal solid waste» (Municipal Solid Waste) commonly referred to as waste, dumping or disposing of which involved city authorities, although in recent years has increased markedly in the West, the role of private enterprises in the collection and recycling of solid waste. In this regard, was decided to find a universal method of calculating the conditional fuel molecules.

Results. The authors found a universal method of calculation of conditional fuel molecules. Since the composition and volume of waste is extremely diverse, and the average characteristics and properties of the waste can vary widely not only across countries, but also for different regions of a country and even in different areas of the same city, then to find the conditional fuel molecule of formula It was used by the average composition of solid household and industrial waste.

Conclusions. The author's method of calculating the conditional fuel molecules has been developed. This formula is needed to determine the combustion of fuel composition of the combustion products, to identify the presence of dioxins and take measures for the disposal of the products of combustion. This formula can be used for any fuel.

Keywords: dioxins, kinetics, equilibrium, disequilibrium, forecasting, municipal solid waste.

References

1. Korobko V. I., Bychkova V. A. Municipal solid waste. M. : Unity-Dana, 2014. 132 p.
2. Podavalov Ju. A. Oil and Gas Production Ecology. M. : Infra-Engineering, 2010. 416 p.
3. Drugov Ju. S., Muravev A. G., Rodin A. A. Rapid analysis of environmental samples. M. : Binom. Laboratory znaniy, 2010. 424 p.
4. Pochekaeva E. I. Ecology and life safety. M. : Phoenix, 2010. 560 p.
5. Fedorov L. A. Chemical disarmament in Russian. M. : NLO, 2011. 984 p.
6. Akinin N. I. Technosphere safety. M. : ID, 2016. 248 p.
7. Astahov A. S., Dikolenko E. Ja., Harchenko V. A. Environmental safety and efficacy of nature. M. : Phenix, 2010. 323 p.
8. Porter M. What is strategy? Harvard : Business Review, 2009. 108 p.
9. Mill R. S., Morrison A. M. Nature and Ecology. Boston : Prentice-Hall, 2009. 230 p.
10. Chapman J. L. Ecology. Cambridge : Second Edition, 2009. 336 p.