ОАО "Газпром"
Общество с ограниченной ответственностью
"Научно-исследовательский институт
природных газов и газовых технологий - ВНИИГАЗ"

ВНИИГАЗ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

ПО РАСЧЕТУ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ ОТ УСТАНОВОК МАЛОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПО ТЕРМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ И ПРОМОТХОДОВ

Москва
1999

gost.e-ecolog.ru

Открытое акционерное общество "Газпром"

ООО "Научно-исследовательский институт
природных газов и газовых технологий - ВНИИГАЗ"

Методические указания по расчету выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от установок малой производительности по термической переработке твердых бытовых отходов и промотходов

Москва
1999

УДК 502.55.(203)

Данный Нормативный документ разработан с целью оценки, контроля выбросов загрязняющих веществ, выбора наиболее оптимальных систем нейтрализации и улавливания продуктов сгорания технологическим оборудованием установок для термической переработки и утилизации отходов малой производительности на объектах газовой отрасли.

Методические указания согласованы начальником Управления науки, новой техники и экологии А.Д.Седых, начальником Управления экологии и природопользования Минтопэнерго РФ В.П.Хлыстовым и директором НИИ Атмосферы В.Б.Миляевым, утверждены членом Правления РАО "Газпром" В.Г.Подюком.

Разработчики :

ООО "ВНИИГАЗ" (к.т.н. Акопова Г.С., Атаманов Б.А., Бородина Я.В.);

АО "Промэкология" (д.т.н. Холпанов Л.П.);

Академия коммунального хозяйства им. К.Д.Памфилова (к.т.н.Семилетов В.Н., Тарасов Н.М.).

© ООО "Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий - ВНИИГАЗ", 1999

Введение

Настоящий документ

• разработан в целях получения исходных данных для оценки воздействия на качество атмосферного воздуха выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) от установок для термической переработки твердых бытовых отходов и промышленных отходов малой производительности на объектах добычи, переработки и транспорта газа и конденсата;

• устанавливает методику расчета выбросов твердых частиц, оксидов серы, углерода, азота, хлористого водорода и фтористого водорода от установок по термической переработке отходов;

• распространяется на установки для термической переработки и утилизации твердых бытовых отходов (ТБО), некоторых видов промышленных отходов (ПО) и осадков сточных вод (ОСВ) производительностью до 1,5 т/ч;

• разработан для предприятий РАО «Газпром», смежных отраслей и территориальных органов Госкомэкологии РФ.

Полученные по настоящему нормативному документу результаты могут быть использованы при:

- расчете рассеивания вредных веществ, содержащихся в выбросах с дымовыми газами от действующих и проектируемых установок производительностью до 1,5 т/ч по сжигаемым отходам;

- инвентаризации выбросов вредных веществ (ВВ), определении норм предельно допустимых и временно согласованных выбросов в соответствии с действующими в РФ нормативными документами.

- расчете платы за загрязнение атмосферного воздуха;

- оценке воздействия на состояние окружающей среды для действующих и проектируемых установок по термическому обезвреживанию ТБО и ПО;

- планировании работ по снижению выбросов за счет применения более эффективного газоочистного оборудования, совершенствованию технологического процесса переработки и утилизации отходов.

1 Понятия и определения

Отходы производства (промышленные) - остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, образовавшиеся при производстве продукции или выполнении работ и утратившие полностью или частично исходные потребительские свойства.

Отходы потребления - отходы бытовые (коммунальные) твердые (в том числе твердая составляющая сточных вод - их осадок), отбросы и другие, не утилизируемые в быту вещества, образующиеся в результате амортизации предметов быта и самой жизни людей. К отходам потребления могут быть также отнесены изделия и машины, утратившие свои потребительские свойства в результате физического или морального износа.

Вторичные материальные ресурсы, для которых в настоящее время отсутствуют технологические или экологические условия утилизации, представляют собой неиспользуемые отходы.

В установках малой производительности для переработки ТБО и промотходов подлежат утилизации промышленные отходы III - IY класса опасности и бытовые IY и О класса опасности, данные по которым приведены далее.

Класс опасности и вид отходов	Отходы
Промышленные:	
III - жидкие	- отработанные масла, УВ конденсат, газоконденсат
- твердые	- нефтешламы, песок замазученный, шламовые осадки, осадок н/пр., лакокрасочные материалы
IY - твердые	- мусор производственный, масляные фильтры, спецодежда, спецобувь, шлам очистных сооружений, промасляная ветошь
Бытовые:	
IY - твердые	- технический мусор
О - твердые	- бытовой мусор, отходы древесины, макулатура

2 Общие положения

2.1 Настоящие указания устанавливают методику расчета валовых выбросов загрязняющих веществ от установок по термической переработке твердых бытовых отходов и промотходов малой производительности. Указания должны соблюдаться при проектировании предприятий, а также при нормировании выбросов в атмосферу реконструируемых и действующих установок по термической переработке отходов.

2.2 Установки малой производительности по термической переработке твердых бытовых отходов и промотходов относятся к одиночным источникам загрязнения атмосферы, влияние которых на качество атмосферного воздуха регламентировано положениями раздела 2 ОНД-86, дополнением к ОНД-86 и действующими в РФ нормативными документами /1-12/ . Источником выброса вредных веществ от установок малой производительности по термической переработке твердых бытовых отходов и промотходов является дымовая труба.

2.3 Для расчета валовых выбросов ЗВ, выбрасываемых от установок малой производительности по термической переработке твердых бытовых отходов и промотходов, с последующей оценкой приземной концентрации ЗВ в атмосферном воздухе, настоящим документом предусматривается формирование следующих исходных данных для расчета и определения ряда параметров:

- элементного состава отходов;
- теплоты сгорания отходов;
- объема выбрасываемой в атмосферу газовоздушной смеси;
- мощности выброса ЗВ (расчет количества загрязняющих веществ.

2.4 Необходимые для выполнения расчетов экспериментальные данные должны быть получены с соблюдением требований закона Российской Федерации «Об обеспечении единства измерений», с применением аттестованных методик выполнения измерений и средств их поверки измерений.

2.5 Количество загрязняющих веществ, выбрасываемых с продуктами сгорания после установок по термической переработке твер-

дых бытовых отходов и промотходов, определяется следующими методами:

- инструментально с помощью приборов, предназначенных специально для контроля вредных веществ в продуктах сгорания установок сжигания отходов небольшой производительности (непосредственными замерами концентраций загрязняющих веществ в заданных местах тракта продуктов сгорания) [5];

- расчетным путем (с помощью методик [1, 2]).

Наиболее предпочтителен первый метод, так как позволяет получить объективные данные в пределах класса точности применяемой аппаратуры.

Если применение инструментальных методов невозможно, достаточно эффективными могут быть расчетные методы определения, которые с приемлемой точностью позволяют определить значения выбросов ЗВ.

2.5.1 Инструментальные методы измерения. Измерения содержания в продуктах сгорания твердых частиц, оксидов азота, серы, углерода в установках небольшой производительности, сжигающих твердые бытовые отходы, твердые промышленные отходы, осадок сточных вод, жидкие и гудронообразные отходы нефтегазовых производств и газоконденсатных комплексов, должны производиться в определенных местах газового тракта:

• ***оксидов серы*** - после рекуператора (воздухонагревателя) или теплообменного устройства в зоне температур ниже 700 °С;

• ***оксидов азота*** - в зоне температур ниже 800 °С;

• ***оксидов углерода*** - в зоне температур ниже 450 °С;

• ***твердых частиц*** (летучая зола и продукты неполного сгорания топлива) - после газоочистных устройств в зоне температур после 300 °С.

Пробу газа следует отбирать по возможности в наиболее узком месте газового тракта. Газозаборные трубки не следует располагать на поворотных участках или вблизи мест, где возможны подсосы воздуха. Отбор проб газов может производиться как перед, так и после дымососа. Для отбора проб продуктов сгорания при температурах выше 400 °С следует применять водоохлаждаемые трубки или трубки из жаропрочного металла.

2.5.2 Расчетный метод. Расчетным путем по существующим методикам можно определить концентрации летучих твердых частиц, оксидов серы, оксида углерода и оксидов азота. Концентрации других загрязняющих веществ возможно определить только опытным путем на основе многочисленных замеров процесса горения на действующих мусоросжигательных заводах.

Настоящая методика предлагает расчетный метод оценки ЗВ в выбросах от установок по термической переработке твердых бытовых отходов и промотходов.

3 Расчет параметров выбросов вредных веществ

3.1 Расчет элементного состава отходов*

При сжигании ТБО с низшей теплотой сгорания менее 4,0 МДж/кг для стабилизации процесса горения используется дополнительное топливо, в качестве которого применяется природный газ или дизельное топливо.

Элементный состав всей массы рассматриваемых отходов рассчитывается как средневзвешенное значение элементного состава отдельных компонентов по формулам (1-7) [6], %.

Без дополнительного топлива:

$$C^{P}_{ТБО} = C^{P}_{1} \cdot i_1 + C^{P}_{2} \cdot i_2 + ,.....,+C^{P}_{n} \cdot i_n; \quad (1)$$

$$H^{P}_{ТБО} = H^{P}_{1} \cdot i_1 + H^{P}_{2} \cdot i_2 + ,.....,+H^{P}_{n} \cdot i_n; \quad (2)$$

$$O^{P}_{ТБО} = O^{P}_{1} \cdot i_1 + O^{P}_{2} \cdot i_2 + ,.....,+O^{P}_{n} \cdot i_n; \quad (3)$$

$$N^{P}_{ТБО} = N^{P}_{1} \cdot i_n + N^{P}_{2} \cdot i_2 + ,.....,+N^{P}_{n} \cdot i_n; \quad (4)$$

$$S^{P}_{ТБО} = S^{P}_{1} \cdot i_1 + S^{P}_{2} \cdot i_2 + ,.....,+S^{P}_{n} \cdot i_n; \quad (5)$$

$$A^{P}_{ТБО} = A^{P}_{1} \cdot i_1 + A^{P}_{2} \cdot i_2 + ,.....,+A^{P}_{n} \cdot i_n; \quad (6)$$

$$W^{P}_{ТБО} = W^{P}_{1} \cdot i_2 + W^{P}_{2} \cdot i_2 + ,....., W^{P}_{n} \cdot i_n, \quad (7)$$

где $C^{P}_{1}, C^{P}_{2}, ..., C^{P}_{n}$ - содержание углерода в рабочей массе каждого компонента отхода, %;

$H^{P}_{1}, H^{P}_{2}, ..., H^{P}_{n}$ - содержание водорода в рабочей массе каждого компонента отхода, %;

---

* Элементный состав отдельных компонентов отходов, полученный экспериментально, приведен в Приложении № 1

$O_1^P, O_2^P, ..., O_n^P$ - содержание кислорода в рабочей массе каждого компонента отхода, %;

$N_1^P, N_2^P, ..., N_n^P$ - содержание азота в рабочей массе каждого компонента отхода, %;

$S_1^P, S_2^P, ..., S_n^P$ - содержание серы в рабочей массе каждого компонента отхода, %;

$A_1^P, A_2^P, ..., A_n^P$ - содержание золы в рабочей массе каждого компонента отхода, %;

$W_1^P, W_2^P, ..., W_n^P$ - содержание влаги в рабочей массе каждого компонента отхода, %;

$i_1, i_2, ..., i_n$ - доли соответствующих компонентов в рабочей массе отходов;

$$\sum_1^n i = 1, \tag{8}$$

где n - количество отдельных компонентов ТБО.

Элементный состав рабочей смеси с учетом дополнительного жидкого топлива рассчитывается следующим образом:

$$C_{см}^P = XC^P + (1-X)C_{ТБО}^P; \tag{9}$$

$$H_{см}^P = XH^P + (1-X)H_{ТБО}^P; \tag{10}$$

$$S_{см}^P = XS^P + (1-X)S_{ТБО}^P \tag{11}$$

$$N_{см}^P = XN^P + (1-X)N_{ТБО}^P; \tag{12}$$

$$O_{см}^P = XO^P + (1-X)O_{ТБО}^P; \tag{13}$$

$$A_{см}^P = XA^P + (1-X)A_{ТБО}^P; \tag{14}$$

$$W_{см}^P = XW^P + (1-X)W_{ТБО}^P, \tag{15}$$

где X - весовая доля дополнительного жидкого топлива;

C^P, H^P, S^P, N^P, O^P, A^P, W^P - содержание углерода, водорода, азота, кислорода, золы, влаги соответственно в рабочей массе дополнительного топлива.

Проверку полученных результатов расчета компонентов элементного состава ТБО и смеси следует производить по формулам (16) и (17) соответственно:

$$H_{ТБО}^P + C_{ТБО}^P + O_{ТБО}^P + N_{ТБО}^P + S_{ТБО}^P + A_{ТБО}^P + W_{ТБО}^P = 100\%; \tag{16}$$

$$H^R_{см} + C^R_{см} + O^R_{см} + N^R_{см} + S^R_{см} + A^R_{см} + W^R_{см} = 100\%. \quad (17)$$

В случае несходимости баланса в долях процента округление производится за счет компонента, содержание которого максимально.

Состав природного газа задается не элементным, а действительным составом. Поэтому при совместном сжигании отходов с газообразным топливом расчеты выполняются не на 1 кг сжигаемой смеси, а на 1 кг отходов с учетом количества газа, приходящегося на 1 кг отходов (см. п. 3.2. и 3.3)

3.2 Расчет теплоты сгорания отходов

Теплота сгорания ТБО (без дополнительного топлива), МДж/кг, определяется по формуле

$$Q^R_{Н(ТБО)} = Q^R_{Н1i1} + Q^R_{Н2i2} + ... + Q_{Hnin}, \quad (18)$$

где $Q^P_{H_1}, Q^R_{H_2}, Q^R_{H_n}$ - низшая рабочая теплота сгорания отдельных компонентов отходов, МДж/кг.

Данные по низшей теплоте сгорания отдельных компонентов бытовых отходов рассчитаны по формуле Менделеева [7] и приведены в Приложении № 1.

Теплота сгорания смеси ТБО с дополнительным топливом, МДж/кг, рассчитывается по формулам*:

Для газообразного топлива

$$Q^R_{Н(СМ)} = Q^R_{Н(ТБО)} + C_г Q^R_{Н(ДОП)}; \quad (19)$$

Для жидкого топлива

$$Q^R_{Н(СМ)} = C_М Q^R_{Н(ДОП)} + (1 - C_М) Q^R_{Н(ТБО)}, \quad (20)$$

где $Q^R_{Н(СМ)}$ - теплота сгорания смеси отходов с дополнительным топливом, МДж/кг;

$Q^R_{Н(ТБО)}$ - теплота сгорания отходов, МДж/кг;

$Q^R_{Н(ДОП)}$ - теплота сгорания дополнительного топлива, МДж/кг или МДж/м^3;

---

* При использовании в качестве дополнительного газообразного топлива расчеты выполняются на 1кг ТБО, а жидкого - на 1 кг смеси его с ТБО [7]

$X_Г$ - расход природного газа на 1 кг смеси ТБО, $м^3/кг$ (принимается по табл.1);

$X_М$ - расход дизельного топлива на 1 кг смеси ТБО с дополнительным топливом, кг/кг (принимается по табл.1).

В табл. 1 приведены данные по количеству дизельного топлива с низшей теплотой сгорания $Q^Р_{Н\,доп}$ = 39,8 МДж/кг и количеству природного газа с низшей теплотой сгорания $Q^Р_{Н\,доп}$ = 37,3 кДж/$м^3$ при сжигании отходов с низшей теплотой сгорания от 3,4 до 4,0 МДж/кг.

Таблица 1

Теплота сгорания отходов $Q^Р_{Н(ТБО)}$, МДж/кг	Расход природного газа $X_Г$, $м^3/кг$	Расход дизельного топлива $X_М$, кг/кг
4,00	0,0054	0,0056
3,80	0,0107	0,0111
3,60	0,0161	0,0161
3,40	0,0214	0,0220

3.3 Расчет объема продуктов сгорания

Объем сухих продуктов сгорания, выбрасываемых от одного или нескольких агрегатов, V_1 ($м^3/с$), рассчитывается по эмпирической формуле С.Я. Корницкого [4]

$$V_1 = 0{,}278 \cdot B\left[\frac{(0{,}1 + 1{,}08\alpha)\left(Q^Р_{Н\,ТБО(см)} + 6W^Р\right)}{1000} + 0{,}0124W^Р\right]\frac{273 + t_г}{273}, \qquad (21)$$

где B - производительность установки по сжигаемым отходам, т/ч;

α - коэффициент избытка воздуха, рассчитываемый по содержанию O_2 в отходящих газах [6]:

$$\alpha = 21 / (21 - O_2), \qquad (22)$$

где O_2 - содержание кислорода в дымовых газах;

$Q^P_{Н\ ТБО(см)}$ - низшая теплота сгорания отходов, ккал/кг;

W^P - содержание общей влаги в рабочей массе отходов, %;

$t_т$ - температура продуктов сгорания, °С.

При содержании в отходах углеводородосодержащих веществ до 5 % доля дополнительного топлива, предусматриваемого для поддержания горения пропорционально снижается.

При содержании в отходах углеводородосодержащих веществ выше 5 % расчёт продуктов сгорания производить пользуясь эмпирической формулой [4].

Учитывая, что количество дополнительного топлива при сжигании отходов не превышает 5 %, допустимо использование формулы С.Я.Корницкого для определения объема продуктов сгорания, выбрасываемых в атмосферу при совместном сжигании отходов и жидкого топлива.

4. Расчет валовых выбросов загрязняющих веществ

Валовый выброс i-го загрязняющего вещества от установок по термической переработке твердых бытовых отходов и промотходов $П_i$ рассчитывается по формуле, т/год,

$$П_i = 0{,}0036\ \tau \times M_i, \qquad (23)$$

где τ - число часов работы установки с установленной мощностью, ч/год;

M_i - мощность выброса i-го загрязняющего вещества, г/с.

4.1 Расчет выбросов летучей золы

Количество летучей золы, выбрасываемой в атмосферу с продуктами сгорания после установки для сжигания отходов в единицу времени кг/ч, рассчитывается по формуле [6]

$$M_з = 10B\alpha_{ун}\left[A^P + q_4(Q^P_{Н\ ТБО(см)}/32{,}7)\right]\cdot(1-\eta_з), \qquad (24)$$

где B - производительность установки для сжигания отходов небольшой производительности, т/ч;

$\alpha_{ун}$ - доля золы в уносе. Нормативное значение $\alpha_{ун}$ для слоевых топок с сухим шлакоудалением при сжигании отходов равно 0,1-0,2;

$Q^{P}_{Н_{ТБО(см)}}$ - низшая теплота сгорания отходов, МДж/кг;

A^{P} - содержание золы в рабочей массе отходов, %;

q_4 - потери теплоты от механической неполноты сгорания, %;
рекомендуемое значение для слоевых топок составляет 4 % [6];

32,7 - средняя теплота сгорания горючих веществ в уносе, МДж/кг;

η_3 - доля твердых частиц, улавливаемая в золоуловителях.

Максимальные выбросы твердых частиц в формуле (24) определяются при номинальной производительности установки сжигания отходов.

4.2 Расчет выбросов оксидов серы

Количество оксидов серы SO_2 и SO_3 в пересчете на диоксид серы SO_2, выбрасываемое в атмосферу с продуктами сгорания в единицу времени кг/ч, рассчитывается по формуле [6]

$$M_{SO_2} = 0{,}02BS^{P}\left(1-\eta'_{SO_2}\right)\left(1-\eta''_{SO_2}\right), \qquad (25)$$

где B - производительность установки по сжигаемым отходам, кг/ч;

S^{P} - содержание серы в рабочей массе отходов, %;

η'_{SO_2} - доля оксидов серы, связываемых летучей золой отходов.
Нормативное значение для слоевых топок с сухим шлакоудалением при низкотемпературном сжигании отходов принимается равным 0,3;

η''_{SO_2} - доля оксидов серы, улавливаемых в золоулавителях попутно с улавливанием твердых частиц.
Доля оксидов серы, улавливаемых в сухих золоулавителях (электрофильтрах, батарейных циклонах), принимается равной нулю. В мокрых золоуловителях она за-

висит в основном от приведенной сернистости отходов $S^{P}_{пр} = S^{P} / Q^{P}_{H}$, (% кг/МДж) и от расхода и общей щелочности орошаемой воды (по рис. 1) [4].

Расчетный удельный расход воды на орошение золоуловителей составляет 0,1 - 0,2 мг-экв / дм^3.

Максимальные выбросы оксидов серы в формуле (25) определяются при номинальной производительности установки сжигания отходов.

4.3 Расчет выбросов оксида углерода

Количество оксида углерода , выбрасываемого в атмосферу с продуктами сгорания отходов в единицу времени т/год, вычисляется по формуле [4]

$$M_{CO} = 0{,}001 C_{CO} B (1 - q_4 / 100), \qquad (26)$$

где B - производительность установки по сжигаемым отходам, т/год;

C_{CO} - выход оксида углерода при сжигании отходов определяется по формуле, кг/т,

$$C_{CO} = q_3 R Q^{R}_{H} / 1013, \qquad (27)$$

где q_3 - потери теплоты от химической неполноты сгорания отходов, %;

R - коэффициент, учитывающий долю потери теплоты вследствие химической неполноты сгорания отходов, обусловленной содержанием оксида углерода в продуктах неполного сгорания;
нормативное значение для слоевых топок с сухим шлакоудалением при сжигании твердых отходов R = 1,0;

Q^{R}_{H} - низшая теплота сгорания отходов, МДж/кг;

q_4 - потери теплоты от механической неполноты сгорания отходов, % ;

q_3 и q_4 - принимаются по эксплуатационным данным или по нормам [6]; потери теплоты от химической неполноты

сгорания отходов при $a > 1{,}5\text{-}2{,}0$ при интенсивной аэродинамической турбулентности составляют 0,1-0,3 %.

Максимальные выбросы оксида углерода (значения величин в формулах (26-27) принимаются при номинальной производительности установки сжигания отходов.

4.4 Расчет выбросов оксидов азота

Количество оксидов азота в пересчете на диоксид азота, выбрасываемых в атмосферу с продуктами сгорания установки малой производительности в единицу времени, кг/ч, рассчитывается по формуле [6]

$$M_{NO_2} = B \cdot Q_H^P \cdot K_{NO_x} \cdot \left(1 - \eta_1\right)\left(1 - q_4 / 100\right), \qquad (28)$$

где K_{NO_x} - коэффициент, характеризующий количество оксидов азота, образующихся на 1 ГДж тепла, кг /ГДж, определяется из [7]:

$$K_{NO_x} = 0{,}16e^{0{,}012Д_{ном}}; \qquad (29)$$

B - производительность установки по сжигаемым отходам, т/ ч;

$Q_{H_{ТБО(см)}}^P$ - низшая теплота сгорания отходов (смеси), МДж/кг;

q_4 - потери теплоты от механической неполноты сгорания отходов, %;

η_1 - коэффициент, учитывающий степень дожигания выбросов оксидов азота в результате примененных решений; η_1 принимается равным нулю;

$Д_{ном}$ - условная паропроизводительность котла, определяется из уравнения теплового баланса, т/ч .

$$Д_{ном} = (B \cdot Q_H^P \cdot \eta) / \Delta h; \qquad (30)$$

η - КПД котла;

Δh - разность энтальпий пара и питательной воды, МДж/кг, принимаем $\eta = 0{,}8 \div 0{,}85$;

Δh = 2,36 МДж/кг (разность энтальпий сухого насыщенного пара при давлении 14 бар и питательной воды с температурой 103 °С).

4.5 Расчет выбросов хлористого водорода*

Количество хлористого водорода в продуктах сгорания после системы газоочистки, г/с, рассчитывается по формуле

$$M_{HCl} = 3,6\ V_1\ C_{HCl}, \qquad (31)$$

где V_1 - объем сухих продуктов сгорания, выбрасываемых от одного и нескольких агрегатов, $м^3/с$; рассчитывается по формуле (21);

C_{HCl} - содержание хлористого водорода в продуктах сгорания после системы газоочистки. Принимается в среднем равным 0,012 $г/м^3$ [13].

4.6 Расчет выбросов фтористого водорода*

Количество фтористого водорода в продуктах сгорания, г/с, рассчитывается по формуле

$$M_{HF} = 3,6\ V_1\ C_{HF}, \qquad (32)$$

где V_1 - объем сухих продуктов сгорания, выбрасываемых от одного и нескольких агрегатов, $м^3/с$; рассчитывается по формуле (21);

C_{HF} - содержание фтористого водорода в продуктах сгорания. Принимается в среднем равным 0,0025 $г/м^3$ [13].

4.7 Расчет выбросов оксидов ванадия**

Количество оксидов ванадия (в пересчете на пятиокись ванадия), кг/ч, выбрасываемых в атмосферу с продуктами сгорания отходов в единицу времени, вычисляется по формуле [4]

---

* Расчёт выбросов по хлористому и фтористому водороду для установок производится только при условии наличия этих соединений в сжигаемых отходах

** Расчет оксидов ванадия производится только для установок, постоянно сжигающих гудронообразные нефтесодержащие отходы

$$M_{V_2O_5} = 10^{-3} G_{V_2O_5} \cdot B(1-\eta_{oc})(1-\eta_y), \quad (33)$$

где $G_{V_2O_5}$ - содержание оксидов ванадия в отходах в пересчете на V_2O_5, г / т;

η_{oc} - коэффициент оседания оксидов ванадия на поверхности нагрева котлов-утилизаторов (кипящих экономайзеров). Для котлов-утилизаторов с промежуточным пароперегревателем, очистка поверхностей нагрева которых производится в остановленном состоянии, $n_{oc} = 0,07$;

η_y - доля твердых частиц продуктов сгорания жидкого топлива, применяемого в качестве стабилизирующего топлива при сжигании отходов с пониженными теплотехническими свойствами, улавливаемых в устройствах по нейтрализации вредных выбросов после котлов утилизаторов.

Значение η_y оценивается для средних условий работы газоочистных устройств за год .

При отсутствии результатов анализа дополнительного топлива содержание оксидов ванадия ($G_{V_2O_5}$) в сжигаемом топливе определяется ориентировочно по формуле

$$G_{V_2O_5} = 95,4S^P - 31,6, \quad (34)$$

где S^P - содержание серы в рабочей массе отходов, %.

Формула дается для отходов с содержанием $S^P > 0,4$ %.

Максимальные выбросы оксидов ванадия в формулах (33-34) принимаются при номинальной нагрузке установки сжигания отходов.

Количество выбросов оксидов ванадия в пересчете на ванадий определяется по формуле

$$G_V = 0,56 \cdot G_{V_2O_5}. \quad (35)$$

Приложение 1

Элементный состав, выход летучих продуктов и удельная теплота сгорания отдельных компонентов бытовых отходов /13/

Компонент	Элементарный состав в рабочей массе отходов, %							Выход* летучих	Содержание компонента	Низшая теплота сгорания, Q^P_{Hi}
	Углерод, C^P_i	Водород, H^P_i	Кислород, O^P_i	Азот, N^P_i	Сера, S^P_i	Зола, A^P_i	Влажность, W^P_i	%	%	кДж/кг
Бумага	9,086	1,214	9,282	0,052	0,046	4,920	8,200	79,0	32,8	3113
Пищевые отходы	3,881	0,554	2,464	0,293	0,046	1,386	22,176	65,2	30,8	1056
Текстиль	3,232	0,392	1,856	0,272	0,008	0,640	1,600	74,3	8,0	1258
Древесина	1,175	0,139	0,980	0,003	-	0,023	0,580	67,9	2,9	419
Отсев	1,112	0,152	1,128	-	0,008	4,000	1,600	44,0	8,0	368
Пластмасса	2,755	0,380	0,875	0,045	0,015	0,530	0,400	79,0	5,0	1219
Зола, шлак	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Кожа, резина	0,845	0,065	0,164	0,003	0,008	0,151	0,065	49,0	1,3	335
Прочее	1,175	0,133	0,693	0,003	0,005	0,293	0,200	60,2	2,5	454
Стекло, металл, камни	-	-	-	-	-	8,700	-	-	8,7	-
Итого:	23,26	3,03	17,44	0,67	0,14	20,64	34,82	-	100	8222 (1962 ккал/кг)

* Выход летучих продуктов определен на сухое вещество.

При необходимости расчетов выбросов металлов и их соединений следует учесть их в золе и шлаке (см. Приложение 3).

Приложение 2

Пример расчета выбросов загрязняющих веществ

В качестве примера приведены результаты расчета выбросов установки малой производительности (0,5 т/ч по сжигаемым отходам). Расчету предшествовало проведение работ по определению морфологического, фракционного состава отходов, физико-химических свойств.

Результаты расчета приведены в таблице.

Показатель	Номер расчетной формулы	Расчет	Значение	
			фактическое по замеру	расчетное по формуле
1	2	3	4	5
Производительность установки по сжигаемым ТБО В, т/ч	-	-	0,5	0,5
Высота дымовой трубы, Н, м	-	Предварительно выбирается	20	20
Диаметр устья дымовой трубы D, м	-	Выбирается по технологическим соображениям	0,4	0,4
Температура продуктов сгорания	-	Принимается из теплового расчета	120	120
Низшая теплота сгорания отходов $Q_{\text{Н}}^{\text{Р}}$, МДж/кг То же, ккал/кг	18	*Приложение 1*	8,22 1962	8,22 1962
Количество дымовых газов,V, м^3/ч	21	$10^3 \cdot 0{,}5\left[\frac{(0{,}1+1{,}08\cdot 1{,}56)(1962+6\cdot 34{,}82)}{1000}+\right.$ $\left.+\,0{,}0124\cdot 34{,}82\right]\cdot\left((273+120)/273\right)$	3099	3099

1	2	3	4	5
То же, $м^3/с$			0,861	0,861
Коэффициент избытка воздуха, α	22	21/(21-7,5)	1,56	1,56
Условная паропроизводительность, $Д_{ном}$, т/ч	30	(0,5·8,22·0,8) / 2,36	1,39	1,39
Количество оксидов азота, образующихся на 1ГДж тепла, K_{NOx}, кг/ГДж	29	$0,16 \cdot e^{0,012 \cdot 1,39}$	0,163	0,163
Количество загрязняющих веществ, выбрасываемых из дымовой трубы, M*i*, кг/ч:				
летучей золы, M_3	24	10 · 0,2 (20,64+4 (8,22/32,7)) · 0,5 (1 - 0,99)	0,210	0,217
оксидов серы, M_{SO_2}	25	20 · 0,5 · 0,14 (1-0,3) (1-0,85)	0,150	0,147
оксидов азота, M_{NO_x}	28	0,5 · 1 · 8,22 · 0,163 (1-4/100)	0,950	0,643
оксида углерода, M_{CO}	26	0,3 · 1 · 8,22 · 0,5 (1-4/100)	1,300	1,184
хлористого водорода, M_{HCl}	31	3,6 · 0,861 · 0,012	0,043	0,037
фтористого водорода, M_{HF}	32	3,6 · 0,861 · 0,0025	0,0072	0,008
Валовый выброс (максимальный), т/год				
летучей золы, M_3	23	$0,217 \cdot 5600 \cdot 10^{-3}$	1,176	1,215
оксидов серы, M_{SO_2}		$0,147 \cdot 5600 \cdot 10^{-3}$	0,840	0,823
оксидов азота, M_{NO_x}		$0,643 \cdot 5600 \cdot 10^{-3}$	5,320	3,601

1	2	3	4	5
оксида углерода, M_{CO}		$1,184 \cdot 5600 \cdot 10^{-3}$	7,280	6,630
хлористого водорода, M_{HCl}		$0,037 \cdot 5600 \cdot 10^{-3}$	0,240	0,207
фтористого водорода, M_{HF}		$0,008 \cdot 5600 \cdot 10^{-3}$	0,040	0,045

* При расчете приземной концентрации загрязняющих веществ $C_м$ значения отдельных видов загрязняющих веществ Mi, поступающих после газоочистного устройства, определялись непосредственным замером количеств ЗВ, выбрасываемых из дымовой трубы и расчетным путем.

Ароматические углеводороды (стирол, ксилол, толуол и др.) отсутствовали.

Перед электрофильтрами в отходящих газах обнаруживаются диоксин и БП в количествах $0,02 \cdot 10^{-6}$ мг/м^3 и $0,1 \cdot 10^{-6}$ мг/м^3 соответственно. После газоочистки на выходе из установки вышеуказанные соединения отсутствовали.

Приложение 3

Установки по термической переработке твердых бытовых отходов и промотходов малой производительности

Установки для сжигания отходов малой производительности обеспечивают наилучшие и наиболее перспективные условия по обезвреживанию и утилизации отходов на предприятиях газовой промышленности в городах и поселках газовиков.

Исходя из санитарно-гигиенических требований, установки можно располагать вблизи селитебной зоны, что существенно сокращает расходы на вывоз отходов за черту населенных мест. Блочные установки небольшой производительности представляют высокомеханизированные предприятия, что позволяет обслуживать их ограниченным персоналом, в основном не имеющим контакта с отходами и занятым управлением технологическим процессом. При сжигании отходов можно получать тепло, электроэнергию, а также лом черных металлов для вторичного использования.

Блочные установки предназначены для сжигания твердых бытовых и промышленных отходов, допускается сжигание в смеси с отходами осадков сточных вод. Производительность от 0,1 до 1,5 т/ч по сжигаемым отходам. Установки оснащены многоступенчатой системой нейтрализации и очистки продуктов сгорания.

Как правило, установки состоят из отдельных блоков заводской готовности: устройства загрузочного, камер сгорания и дожигания, устройства по очистке газов, теплоутилизатора, комплекта средств контроля и управления.

Проект установок согласуется с требованиями санитарно-эпидемиологического надзора в месте строительства.

Установка работает следующим образом: твердые отходы подаются в загрузочное устройство грейфером или опрокидывателем контейнеров. Из загрузочного устройства отходы при помощи толкателя попадают в топочный блок (камеру сгорания), оснащенный колосниковой решеткой, где в слое подвергаются термической переработке. В футерованной камере сгорания установлены горелочные устройства для сжигания газообразного топлива, которые расположены под углом. В результате дожига отходящих газов происходит вихревое перемешивание продуктов сгорания с окислением в топочном объеме,

исключающем образование «застойных» зон, благодаря чему практически полностью исключается образование диоксинов и канцерогенов.

Образующиеся в результате устойчивого сгорания топлива и отходов при t = 1100 °С - 1200 °С дымовые газы попадают в камеру дожигания, где происходит выжигание токсичной органики, затем в рекуператор для подогрева первичного воздуха до 300 °С, подаваемого в камеру сгорания, затем в теплообменник, где происходит понижение температуры газов, и в результате получаем воду с параметрами (95÷70) °С. Далее дымовые газы попадают в скруббер полного испарения, где происходит очистка газов раствором соды [Na_2CO_3] от кислых компонентов [SO_2, HCl, HF] и понижение их температуры. Затем дымовые газы проходят электрофильтр, где подвергаются очистке от продуктов реакции и летучей золы.

На последнем этапе дымовые газы попадают в фильтр-адсорбер, где в качестве адсорбента используют активированный уголь или доломит, где происходит доулавливание тяжелых металлов и хлорорганических соединений, и при помощи дымососа дымовые газы $t = 160^0$С выбрасываются в дымовую трубу. Отработанный активированный уголь и доломит направляются в топку, после чего попадают в шлак. Образующийся при технологическом процессе шлак орошается водой в шлаковыгружателе и вывозится на полигоны в качестве подстилающих слоев или в полотна строящихся автодорог.

Спектральный и атомно-абсорбционный анализ шлака и золы приведен в таблице.

Общий вид, габаритные размеры и технологическую схему установки см. Приложение 5.

Спектральный и атомно-абсорбционный анализ шлака и золы (массовая доля, %)

Элемент	Шлак	Зола	Немец. данные
Кремний, Si	35	25	19,8 SiO_2
Кальций, Ca	10	15	11 CaO
Магний, Mg	2	3	16,7 MgO
Алюминий, Al	7	8	12,1 Al_2O_3
Железо, Fe	4	3	6,8 Fe_2O_3
Натрий, Na	3	10	4,5 Na_2O
Калий K	1	3	7,1 K_2O
Барий, Ba	0,3	0,3	0,21
Бериллий, Be	0,00015	0,00010	0,0004
Бор, B	0,0020	0,015	0,026
Фосфор, P	0,5	0,15	1,2 P_2O_5
Свинец, Pb	0,13	0,24	2 PbO
Титан, Ti	0,3	0,6	0,75 TiO_2
Марганец, Mn	0,19	0,33	0,1
Галлий, Ga	0,001	0,001	-
Хром, Cr	0,025	0,05	0,037
Никель, Ni	0,005	0,005	0,05
Висмут, Bi	0,0003	0,05	0,05
Ванадий, V	0,002	0,002	0,0157
Ниобий, Nb	0,002	-	-
Олово, Sn	0,02	3	6,25
Кадмий, Cd	0,0017	0,035	0,05
Иридий, Ir	0,015	0,025	-
Медь, Cu	0,2	0,1	1,4
Серебро, Ag	0,003	1	0,001
Йод, I	0,001	0,003	-
Цинк, Zn	0,3	1	6 ZnO
Сера, S	0,1	0,03	16 SO_3
Кобальт, Co	0,0005	0,001	0,0038
Сурьма, Sb	0,001	0,001	

Примечание." - " - не обнаружены

Приложение 4

Устройства по нейтрализации и улавливанию загрязняющих веществ

Для очистки продуктов сгорания от вредных веществ, образующихся при сжигании твердых бытовых и промышленных отходов, устанавливаются многоступенчатые высокоэффективные системы очистки.

Выбор аппаратурного оформления устройств газоочистки определяется производительностью установки сжигания, морфологическим и физико-химическим составом отходов, а также необходимостью реконструкции действующих установок.

Большинство действующих мусоросжигательных заводов большой производительности оборудованы только электрофильтрами, т.е. очистка газов от газообразных веществ не производится.

В связи с возросшими требованиями к охране окружающей среды и необходимостью очистки газов от диоксида серы, фтористого и хлористого водорода, оксидов азота и хлорорганических соединений при модернизации действующих мусоросжигательных заводов большой производительности может быть рекомендован процесс "E-SO_X", переданный американскими специалистами для использования в странах СНГ.

Сущность процесса "E-SO_X" заключается в улавливании газообразных составляющих и твердых частиц в электрофильтре путем впрыска поглотительного раствора в горизонтальную камеру, образованную за счет демонтажа первого поля электрофильтра.

Для увеличения степени очистки практически по всем видам составляющих, включая хлорорганические соединения и тяжелые металлы, по аналогии с установками фирмы "Бишофф эссен" (ФРГ) предполагается после процесса "E-SO_X" устанавливать санитарный скруббер. Особенностью работы такой схемы является получение бессточной технологической очистки, при которой промывной раствор, участвующий в процессе, направляется после циркуляции в распылительную ступень-сушилку.

При строительстве новых установок малой производительности для предварительных расчетов следует рекомендовать два варианта аппаратурного оформления системы газоочистки:

I вариант:
- камера дожигания, совмещенная с реактором восстановления оксидов азота;
- скруббер-реактор (мокро-сухой скруббер) для очистки газов от кислых компонентов (SO_2, HCL, HF);
- электрофильтр для очистки газов от продуктов реакции и летучей золы;
- санитарный скруббер для доулавливания тяжелых металлов (в основном ртути) и хлорорганических соединений (диоксидов и фуранов).

II вариант:
- камера дожигания, совмещенная с реактором восстановления оксидов азота;
- скруббер-реактор (мокро-сухой скруббер) для очистки газов от кислых компонентов (SO_X, HCL, HF);
- рукавный фильтр.

Для улавливания паров ртути и хлорорганических соединений система во втором варианте дополняется узлом ввода в газоход перед рукавным фильтром активированного угля с расходом 50 мг/м^3 очищаемого газа.

Для установок малой производительности следует рекомендовать сухие системы газоочистки: камера дожигания, узел охлаждения (теплогенератор) реактор, электрофильтр (фильтр-адсорбер) или рукавный фильтр.

Эффективность улавливания для рекомендуемых систем очистки представлена в таблице.

Эффективность улавливания отдельных компонентов для рекомендуемых систем газоочистки, %

Аппаратурное оформление процесса	Пыль	Pb + Cr + Cu+Mn	Ni + As	Cd + Hg	HCl	HF	SO_2	CO	NO_X	Органо-соедин. (С)	Хлор-орган. соед.
1. Процесс "E-SO_X"	96-97	98	98	97-99	95-97	85-90	50-55	-	40	90	-
2. Процесс "E-SO_X" + санитарный скруббер	> 99	> 99	> 99	> 99	99,5	99	70-80	-	60-70	90	99
3. Камера дожига + реактор + элетрофильтр + санитарный скруббер	> 99	> 99	> 99	> 95	99,5	99	70-40	60	60-70	90	99,0
4. Камера дожига + реактор + рукавный фильтр + эжекция активированного угля	99,5	>99	>99	>99	98,5	99	60	60	-	99,9	99,9
5. Камера дожига + узел охлаждения + реактор кипящего слоя + электрофильтр	97,98	98	98	96-97	95	90	45-50	60	-	90	99
6. Камера дожига + узел охлаждения (увлажнения) + реактор кипящего слоя + рукавный фильтр	99,5	>99	>99	>99	98	95	60	60	-	99,0	99,0

Приложение 5
Таблица 1

Номенклатурный ряд установок для сжигания промышленных и бытовых отходов

Тип	А, м	Б, м	В, м	Г, м	Е, м	Ширина, м	Общ. вес, т	Кол-во сжиг. отходов, кг/ч	Утилизация теплоты	$Q_н^р$, МДж/кг
ПО-0,2	4,0	7,6	12,0	4,0	2,8	2,3	14,3	200	Вода	3-15
ПО-0,5	4,0	9,0	14,0	5,0	2,8	2,5	18,9	500	Пар или гор. вода	3-15
ПО-0,75	4,1	9,3	14,0	5,2	2,8	2,7	22,4	750	Пар 0,9МПа, t = 175 °С	3-15
ПО-1,0	4,1	9,3	14,0	5,2	2,8	2,8	26,0	1000	Пар или гор. вода	3-15
ПО-1,5	4,1	10,1	14,0	6,0	2,8	3,0	29,0	1500	Пар или гор. вода	3-15

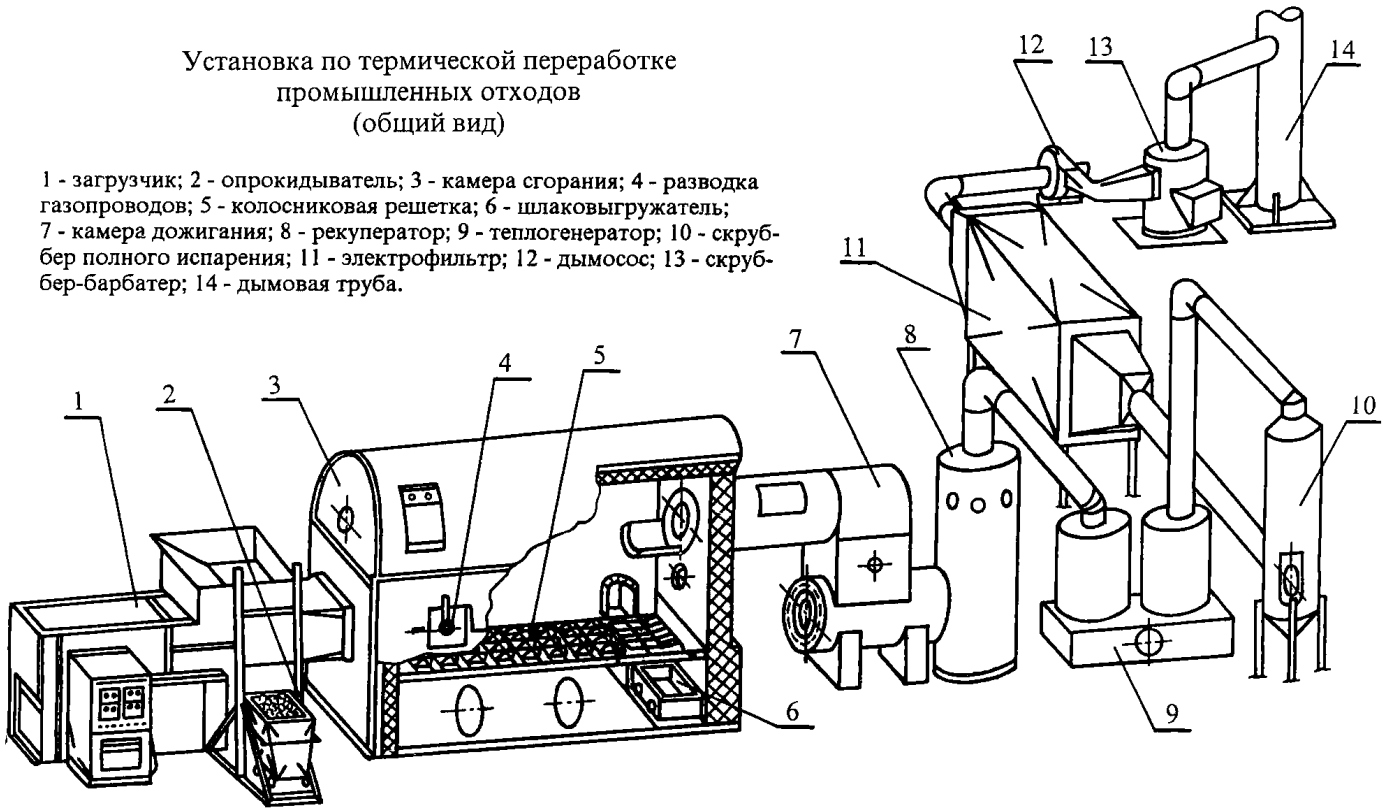
Таблица 2

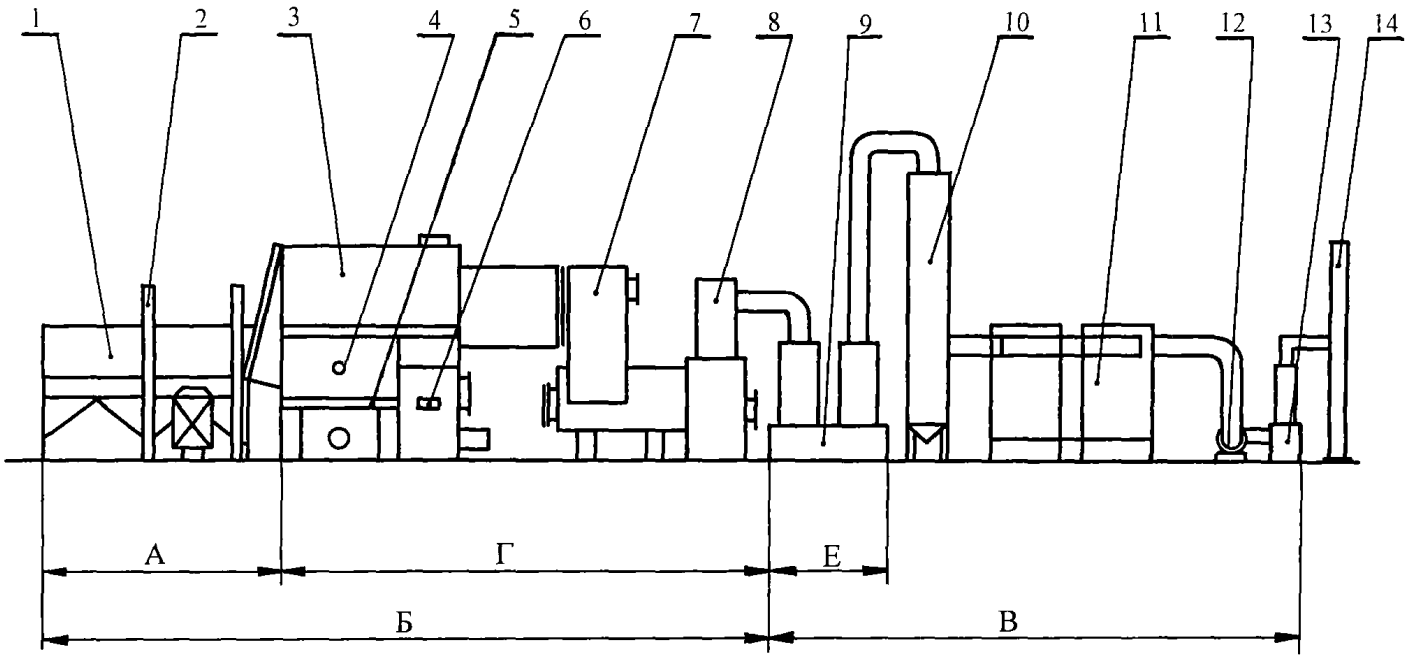
Сравнительные данные по концентрации загрязняющих веществ в выбросах от установки ТБО с действующими нормами

Наименование параметров	Размерность	Концентрации на выходе из установки	Нормы ЕЭС	Нормы ФРГ
Пыль	мг/м^3 н.у.	10	30	10
Тяжелые металлы: Pb + Cr + Cu + Mn	- " -	0,1	5,0	0,5
Ni + As	- " -	0,1	1,0	0,5
Cd + Hg	- " -	0,1	0,2	0,1
Кислые компоненты: HCl	мг/м^3 н.у.	2,0	50,0	10,0
HF	- " -	0,1	2,0	1,0
SO_2	- " -	36-50	300	50
CO	- " -	100	100	50
NO_X (в пересчете на NO_2)	- " -	90	300	200
Органические соединения (по содержанию углерода)	мг/м^3 н у.	10	20	10
Диоксины	нг/м^3 н.у.	0,1	-	0,1

Установка по термической переработке промышленных отходов (общий вид)

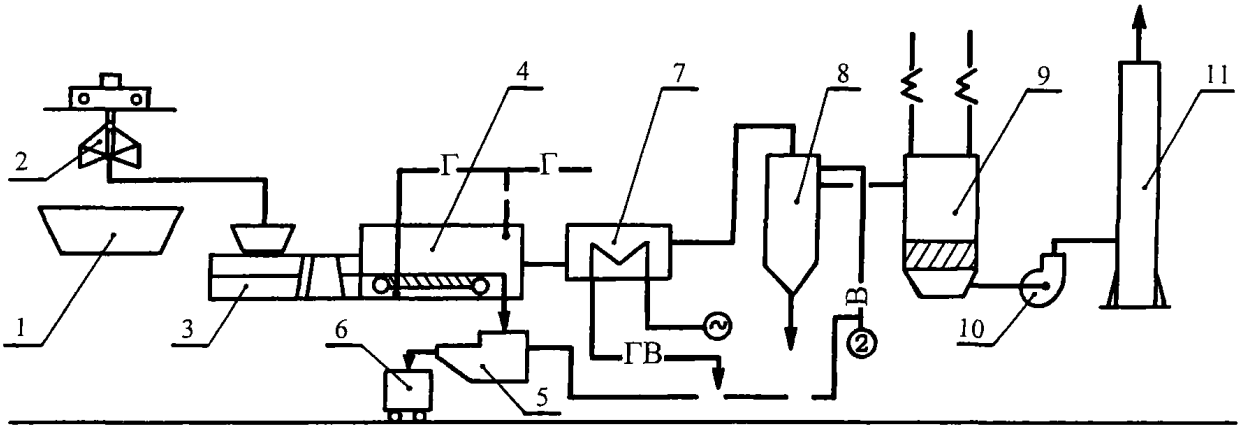
1 - загрузчик; 2 - опрокидыватель; 3 - камера сгорания; 4 - разводка газопроводов; 5 - колосниковая решетка; 6 - шлаковыгружатель; 7 - камера дожигания; 8 - рекуператор; 9 - теплогенератор; 10 - скруббер полного испарения; 11 - электрофильтр; 12 - дымосос; 13 - скруббер-барбатер; 14 - дымовая труба.





Принципиальная схема установки по термической переработке промышленных отходов (габаритные размеры см. табл.1)

1 – загрузчик; 2 – опрокидыватель; 3 – камера сгорания; 4 – разводка газопроводов; 5 – колосниковая решетка; 6 – шлаковыгружатель; 7 – камера дожига; 8 – рекуператор; 9 – теплогенератор; 10 – скруббер полного испарения; 11 – электрофильтр; 12 – дымосос; 13 – скруббер-барбатер; 14 – дымовая труба



Установка по термической переработке
промышленных отходов
(технологическая схема)

1 - приемный бункер;
2 - кран-балка с грейфером;
3 - загрузочное устройство;
4 - топочное устройство;
5 - шлаковыгружатель;
6 - бункер шлака;
7 - теплообменник;
8 - скреббер прямого испарения;
9 - электрофильтр;
10 - дымосос;
11 - дымовая труба;

Г- газ; ГВ – горячая вода; В – водопровод; W - электроэнергия

Литература

1. Сборник методик по определению концентраций загрязняющих веществ в промышленных выбросах. Л.: Гидрометеоиздат, 1987.

2. Перечень методических документов по расчету выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, действующих в 1997 г. С.-П.: Гидрометеоиздат, 1997.

3. Типовое положение об организации контроля за выбросами в атмосферу на тепловых электростанциях. М.: СПО "Союзтехэнерго", 1985.

4. Методические указания по расчету выбросов загрязняющих веществ в атмосферу с дымовыми газами отопительных и отопительно-производственных котельных. М., 1991.

5. Перечень методик выполнения измерений концентрации загрязняющих веществ в выбросах промышленных предприятий, допущенных к применению. М., 1998.

6. Методические указания по расчету выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от мусоросжигательных и мусороперерабатывающих заводов. М.: ОНТИ АКХ, 1989.

7. Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод. М.: Энергия, 1973.

8. ГОСТ 12.1.014-84. Воздух рабочей зоны. Метод измерения концентраций вредных веществ индикаторными трубками.

9. ГОСТ 12.1.016-88. Воздух рабочей зоны. Требования к методикам измерения концентраций вредных веществ.

10. ГОСТ 17.1.4.01-80. Общие требования к методам определения нефтепродуктов в природных и сточных водах.

11. ГОСТ 17.2.1.01-76. Охрана природы. Атмосфера. Классификация выбросов по составу.

12. ГОСТ 17.4.3.06-85. Охрана природы. Почвы. Общие требования к классификации почв по влиянию на них химических загрязняющих веществ.

13. Исследования концентраций загрязняющих веществ в уходящих и дымовых газах мусоросжигательного завода. Отчет. АКХ ПО-227/ 91, 1991.

Содержание

	Введение	3
1.	Понятия и определения	4
2.	Общие положения	5
3.	Расчет параметров выбросов вредных веществ	7
	3.1. Расчет элементарного состава отходов	7
	3.2. Расчет теплоты сгорания отходов	9
	3.3. Расчет объема продуктов сгорания	10
4.	Расчет валовых выбросов загрязняющих веществ	11
	4.1. Расчет выбросов летучей золы	11
	4.2. Расчет выбросов оксидов серы	12
	4.3. Расчет выбросов оксидов углерода	13
	4.4. Расчет выбросов оксидов азота	14
	4.5. Расчет выбросов хлористого водорода	15
	4.6. Расчет выбросов фтористого водорода	15
	4.7. Расчет выбросов окислов ванадия	15
	Приложение 1. Элементный состав, выход летучих продуктов и удельная теплота сгорания отдельных компонентов бытовых отходов	17
	Приложение 2. Пример расчета выбросов загрязняющих веществ	18
	Приложение 3. Установки по термической переработке твердых бытовых отходов и промотходов малой производительности	21
	Приложение 4. Устройства по нейтрализации и улавливанию загрязняющих веществ	24
	Приложение 5. Классификация и типы установок	27
	Литература	31

Методические указания по расчету выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от установок малой производительности по термической переработке твердых бытовых отходов и промотходов

Редактор Кузнецова Л.С.
Компьютерная верстка Мочалова Т.В.
Корректор Коробкова Н.П.

Лицензия № 020878 от 20 мая 1999 г.
Подписано к печати 30.11.1999 г.
Заказ 89. Тираж 200 экз. Ф-т 60х84/16.
Объем:1,3 уч.-изд.л. Цена договорная

Отпечатано на ротапринте ВНИИГАЗа

gost.e-ecolog.ru