**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ**

**Институт транспортной техники и организации производства**

Кафедра: «Теплоэнергетика железнодорожного транспорта»

**Курсовая работа по дисциплине**

**«Источники загрязнения и технические средства защиты окружающей среды»**

**Экология объекта**

Москва 2009 г.

**Котельная с n=5 котлами КЕ-25-14МТ**

**1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЁМОВ ВОЗДУХА И ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ**

Теоретический объём воздуха, необходимый для полного сжигания топлива:

****

****

Объём трёхатомных газов:

****

****

Объём сухих дымовых газов при полном сгорании топлива:





(м3/кг)

****

****(м3/кг)

(м3/кг)

Объём водяных паров вычисляется по формуле:



- коэффициент избытка воздуха в топке

(м3/кг)

****Действительно необходимое количество воздуха при =1,25:

 (м3/кг)

**2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ С ДЫМОВЫМИ ГАЗАМИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ**

1.Фактический расход на котёл, кг/с.

****

где D-фактическая паропроизводительность котла, т/ч ;

-низшая теплота сгорания топлива в МДж/кг ;

-К.П.Д. котла при ном. нагрузке ;

 (кг/с)

2.Расчётный расход топлива, кг/с

** ,**

где -потери от механической неполноты сгорания ;

 (кг/с)

3. Годовая выработка тепла

Ти – число часов использования установленной мощности Ти = 4000 ч/год

 (МДж/год)

Годовой расход топлива:



**3. ДИСПЕРСНЫЙ (ФРАКЦИОННЫЙ) АНАЛИЗ ПЫЛИ**

Дисперсный состав уноса твёрдых продуктов сгорания:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| dч,мкм | <10 | 10-20 | 20-30 | 30-40 | 40-50 | 50-60 | 60-86 | 86-100 | >100 |
| mi, % | 6 | 10 | 10 | 10 | 8 | 8 | 10 | 3 | 35 |
|  | 0,06 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,08 | 0,08 | 0,1 | 0,03 | 0,35 |
| Д | 0,06 | 0,16 | 0,26 | 0,36 | 0,44 | 0,52 | 0,62 | 0,65 |  |
| X | -1.55 | -0.99 | -0.64 | -0.355 | -0.15 | 0.05 | 0.31 | 0.39 |  |
| dгр | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 86 | 100 |  |
| Lg dч | 1 | 1,301 | 1,477 | 1,602 | 1,699 | 1,778 | 1,934 | 2 |  |

,

где -масса взвеси (в нашем случае равна 100),

Рассчитаем суммы:









Из уравнения:  путём интегрирования получим систему уравнений с двумя неизвестными











;



;

. 

 

**4. ВЫБОР ЗОЛОУЛОВИТЕЛЯ**

Полный объём продуктов сгорания:



(м3/кг)

Объёмный расход продуктов сгорания:

 м3/с

где - расчётный расход топлива;

- объём газа;

Объём продуктов сгорания, выходящий из трубы:

 м3/с

Выбираю батарейный циклон БЦ :

Wопт=3.5 м/с – оптимальное значение скорости газов в циклоне с направляющим аппаратом типа «розетка» 25˚(табличное значение)

ξ90=90 – опытное значение коэффициента сопротивления циклона(табличное значение)

dт50=3.85 мкм – медианный размер опытных частиц

lg ση=0.46 – среднеквадратичное отклонение частиц от медианного размера

Параметры эксперимента:

Dц=0.25 м

Wцт=4.5 м/с – опытное значение скорости газа в циклоне

 (Па - динамическая вязкость газов

 (кг/м3) – плотность опытных частиц

Суммарное количество твёрдых продуктов сгорания (летучей золы и несгоревшего топлива) в дымовых газах перед золоуловителем:

,

Концентрация твёрдых веществ в продуктах сгорания:

 г/м3

Объёмный расход продуктов сгорания при температуре уходящих газов:

 м3/с

Принимаем Dц=0.25; 



Принимаю nц= 64, выбираю батарейный циклон типа БЦ 1x8x8

Уточняю скорость:

м/с ≈ Wопт

Коэффициент гидравлического сопротивления циклона:



К1 = 1 для D ≥ 250 мм

К2 – поправка на запыленность газов

К3 = 35 – поправка на компоновку циклонов в группу

 Па – гидравлическое сопротивление циклона

Параметры уходящих газов:

 - плотность золы

; 

Медианный размер частиц, улавливаемый циклоном:

 мкм



по таблице нормальной функции распределения Ф (x)=0.95635

Максимальная степень очистки ηmax=0.955

Среднеэксплуатационная степень очистки η=ηз=0.85∙0.95635=0.8129

**5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫБРОСОВ ГАЗООБРАЗНЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ**

**5.1 Оксиды серы**

Суммарное количество оксидов серы МSO2 в г/с, выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами котлоагрегатов, вычисляют по формуле:

 ,

где - содержание серы в топливе на рабочую массу, % ;

- доля оксидов серы, связываемых летучей золой в котле ( по табл 2 (2)составляет 0,1);

- доля оксидов серы, улавливаемых в мокром золоуловителе попутно с улавливанием твёрдых частиц (для сухих золоуловителей принимаем равным нулю);

(г/с)

(г/с)

**5.2 Оксиды углерода**

Количество выбросов оксида углерода в г/с определяется по соотношению:

,

где - выход оксида углерода на единицу топлива, г/кг;

Здесь q3-потери теплоты вследствие химической неполноты сгорания топлива, %;

R-доля потери теплоты q3, обусловленная наличием в продуктах неполного сгорания оксида углерода (принимают для твёрдого топлива 1,0 );

 (г/кг)

 (г/с)

(г/с)

**5.3 Расчёт выбросов оксидов азота при слоевом сжигании твердого топлива**

Топка ТЧЗМ - топка с пневмомеханическим забрасывателем и цепной чешуйчатой решеткой обратного хода. Удельный выброс оксидов азота при сжигании твердого топлива, г/с:

,

где - удельный выброс оксидов азота, г /МДж;



где αт – коэффициент избытка воздуха в топке

R6 – остаток на сите с размером ячеек 6 мм%, принимаю R6= 0

- безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов при подаче их в смеси с дутьевым воздухом под колосниковую решетку ,на образование оксидов азота; принимаю r=0 6.801\*10-3г /МДж





**=**1.415МВт/ м2

МNO2 = 0.126\*5=0.63 г/с

**6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫБРОСОВ ТВЁРДЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ**

**6.1 Расчёт выбросов твёрдых продуктов сгорания**

Суммарное количество твёрдых продуктов сгорания (летучей золы и несгоревшего топлива) , поступающих в атмосферу с дымовыми газами котлов в г/с, вычисляются по формуле:

,

где - зольность топлива на рабочую массу, % ;

- доля золы, уносимой газами из котла (доля золы топлива в уносе);

- доля твёрдых частиц, улавливаемых в золоуловителях;

32,68- теплота сгорания углерода, МДж/кг;

,



Количество летучей золы  в г/с, уносимой в атмосферу в составе твёрдых продуктов сгорания, вычисляют по формуле:

,

 (г/с)

Количество коксовых остатков при сжигании твёрдого топлива  в г/с, образующихся в топке в результате механического недожога топлива и выбрасываемых в атмосферу, определяют по формуле:

,

(г/с)

**6.2** **Расчет выбросов бензапирена**

Выброс бензапирена  поступающего в атмосферу с дымовыми газами в г/с рассчитывают по уравнению :



****массовая концентрация бензапирена в сухих дымовых газах при стандартном коэффициенте избытка воздуха  ;

 объем сухих дымовых газов ,образующихся при полном сгорании 1 кг (1 н)

топлива при 



При сжигании твердого топлива



А – коэффициент, характеризующий тип колосниковой решетки, для угля – 2,5

R - коэффициент, характеризующий температурный уровень экранов (при р=24 ата,

tn=221,78>150 0C ; R=350

Кд = 1 – коэффициент, учитывающий концентрацию бензаперена при неполной нагрузке котля

Кзу - коэффициент, учитывающий степень улавливания бензапирена золоуловителем.

Z – понижающий коэффициент (бензаперен улавливается в меньшей степени, чем зола. При температуре газов перед золоуловителем tзу = tух = 180 oC < 185 oC и сухих золоуловителях.

Кзу = 1-ηз\*Z =1- 0.81290.8= 0.35

= 1.463\*10-3 мг/нм3

 г/с

**7. РАСЧЕТ МИНИМАЛЬНО НЕОБХОДИМОЙ ВЫСОТЫ ДЫМОВОЙ ТРУБЫ**

Диаметр устья дымовой трубы ,м :



****температура уходящих газов;

скорость продуктов сгорания на выходе из дымовой трубы, принимаю 25 м/с

Принимаю Dутр = 1,8

Предварительная минимальная высота дымовой трубы по приведенным газам м :

Масса приведенного газа:





А – коэффициент стратификации атмосферы для Мурманска 160

F=1

- коэффициент, зависящий от степени очистки циклона



- значение коэффициентов в первом приближении



- коэффициент рельефа местности

Фоновая концентрация приведенного газа:



максимально разовые предельные допустимые концентрации;



- фоновая концентрация SO2



- фоновая концентрация NO2



- фоновая концентрация NO



- фоновая концентрация золы



- ПДК максимально разовая для SO2



- ПДК максимально разовая для NO2



- ПДК максимально разовая для NO



- ПДК максимально разовая для CO



- ПДК максимально разовая для NO



- ПДК максимально разовая для золы



Определяются коэффициенты f и  :



Опасная скорость ветра на высоте устья трубы



Определяется коэффициент m в зависимости от параметра f :



Определяется безразмерный коэффициент n в зависимости от параметра  :

Определяется минимальная высота дымовой трубы во втором приближении :



Выполняем второй уточняющий расчет .

Определяются коэффициенты f и v :

 

 

Определяется коэффициент m в зависимости от параметра f :



Определяется безразмерный коэффициент n в зависимости от параметра  :

Определяется минимальная высота дымовой трубы в третьем приближении :



Выполняем третий уточняющий расчет .

Определяются коэффициенты f и v :

 

 

Определяется коэффициент m в зависимости от параметра f :



Определяется безразмерный коэффициент n в зависимости от параметра  :n3 =2,4

Определяется минимальная высота дымовой трубы в четвертом приближении:



Т.к. разница между меньше 0.5 м ,то расчет выполнен верно .

Выбираем дымовую трубу из кирпича со следующими

стандартными размерами : 

Предварительная минимальная высота дымовой трубы для твердых веществ м :

 (г/с)





Определяются коэффициенты f и  :





Опасная скорость ветра на высоте устья трубы:



Определяется коэффициент m в зависимости от параметра f :



Определяется безразмерный коэффициент n в зависимости от параметра  :n=2,5 Определяется минимальная высота дымовой трубы во втором приближении :



Окончательно выбираем дымовую трубу из кирпича со следующими стандартными размерами : Dтр = 1.8м Hтр = 75м

**8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА И КОЛИЧЕСТВА СТОЧНЫХ ВОД КОТЕЛЬНОЙ**

При регенерации *Na* – катионитных фильтров кроме солей, содержащихся в исходной воде, сбрасываются продукты регенерации фильтров – *СаCl2* и *MgCl2*, а также избыток поваренной соли, который берется для более глубокой регенерации фильтрующего материала. При проведении операции взрыхления возможно попадание в сток измельченного фильтрующего материала; используемая для регенерации техническая поваренная соль содержит до 7% различных примесей, которые также попадают в сток.

Котловая вода в котлах низкого среднего давления после необходимых стадий обработки воды в основном содержит легкорастворимый катион натрия и анионы: .

Все катионы и анионы, поступающие в котел с химически очищенной водой, не претерпевают изменений с повышением давления, температуры и концентрации солей при испарении, кроме бикарбоната натрия, который частично (около 60%) разлагается в барботажном деаэраторе и окончательно в котле по уравнению:



Показатели воды, приходящей на ВПУ.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| мг/л | мг/л | мг/л | мг/л | мг/л | мг/л | мг/л | мг/л |
| 2 | 6 | 20,9 | 42,7 | 9,5 | 150 | 35,5 | 21 |

1) Пересчитываем данные анализа в *мг-экв/л*:

















- верно



2) Общая жесткость:



3) Карбонатная жесткость:





4) Некарбонатная жесткость:

мг-экв/л

**Количество сточной воды:**



Расход воды на продувку



Расчёт расхода воды на собственные нужды:



Расход соли на приготовление регенерирующего раствора:

 (кг/сут)

где = 100 (г/г-экв)-удельный расход соли на регенерацию при общей жесткости воды до 5 г-экв/м3

Расход воды на регенерацию:

 (м3/сут)



- доля химически чистой соли

СРР = 6 % - концентрация регенерационного раствора.

= 1041.3 (кг/м3) – плотность регенерационного раствора.

Расход воды на отмывку катионита от продуктов регенерации:

 (м3/сут)

- удельный расход воды на отмывку



 (м3/сут)

Количество сточной воды:





В стоках ВПУ будут CaCl2,MgCl2 и избыточный NaCl.

Доля кальция, удаляемого из фильтра в продуктах регенерации:



Количество CaCl2 и MgCl2 , сбрасываемое в течение суток:

(кг/сут.)

 (кг/сут.)

где 55,5 и 47,6 – эквивалентная масса CaCl2 и MgCl2 .

 (кг/сут)

где 58,5 (г/г-экв) – теоретический удельный расход соли на регенерацию.

Общее количество солей, сбрасываемых в сутки:

 (кг/сут.)

2HCO3- =CO2+3+CO2+H2O

Na2CO3+H2O=2NaOH+CO2

kуп=Sкв/Sпв=25























(г/л) < 10г/л –сточные воды котельной можно отправить без очистки в дренаж.

**9. РАСЧЕТ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ГАЗАХ ЗА КОТЛОМ**

1) массовая концентрация:

;

 *мг/*;

;



2) Объемная концентрация в частях на миллион :



где:-плотность газа при НФУ, *кг/н*;

;



**Определение удельных выбросов:**

****

(МВт)

**** МВт

**** г/МДж.

**** г/МДж

**** г/МДж

**** г/МДж – до золоуловителя

**** г/МДж – после золоуловителя

3)Токсичность выбросов за котлом и в устье трубы

Токсичность за котлом:





Токсичность после золоуловителя (в устье трубы):





Эффективность установки золоуловителя:



С помощью золоуловителя снизилась токсичность на 37.77%