

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

**Санкт-Петербургский государственный технологический  
университет растительных полимеров**

---

# **Оценка воздействия на окружающую среду. Экологическая экспертиза**

**Учебно-методическое пособие  
для выполнения курсовой работы  
"Оценка воздействия на атмосферный воздух"**

Санкт-Петербург  
2006

14-94

**Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования**

**Санкт-Петербургский государственный технологический  
университет растительных полимеров**

**Кафедра охраны окружающей среды и рационального использования  
природных ресурсов**

**Оценка воздействия  
на окружающую среду.  
Экологическая экспертиза**

**Учебно-методическое пособие  
для выполнения курсовой работы  
«Оценка воздействия на атмосферный воздух»**

**Специальность 280201:  
«Охрана окружающей среды и рациональное использование  
природных ресурсов»**

**Санкт-Петербург**

**2005**

НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРОВ

УДК 502.7(07)

Оценка воздействия на окружающую среду. Экологическая экспертиза: Учебно-методическое пособие для выполнения курсовой работы «Оценка воздействия на атмосферный воздух» / Сост. Л.М. Исянов, А.В. Левин, Б.В. Прохоров, И.А. Крашенинникова // ГОУ ВПО СПб ГТУРП. СПб., 2006. 43 с.: ил. 5.

Приведены структура и содержание курсовой работы, посвященной одному из разделов дисциплины «Оценка воздействия на окружающую среду» - «Оценка воздействия на атмосферный воздух».

Предназначено для студентов инженерно-экологического факультета, студентов вечернего и заочного факультетов, обучающихся по специальности 320700, а также для слушателей факультета профессиональной переподготовки специалистов.

Рецензент: доцент кафедры теплоэнергетики СПб ГТУРП канд. техн. наук, С.Н. Смородин.

Подготовлено и рекомендовано к печати кафедрой охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов ГОУ ВПО СПб ГТУРП (протокол № 3 от 23.01.06).

Утверждено к изданию методической комиссией инженерно-экологического факультета ГОУ ВПО СПб ГТУРП (протокол № 2 от 28.02.06).

© ГОУ ВПО Санкт-Петербургский  
государственный технологический  
университет растительных полимеров,  
2006

## Предисловие

Курсовая работа на тему: «Обоснование нормативов предельно допустимых выбросов (ПДВ) загрязняющих веществ в атмосферу и мероприятия по их достижению выполняется на основе законодательных и нормативных документов в области нормирования выбросов в атмосферу [1,2].

Курсовая работа выполняется студентами непосредственно в учебных семестрах. Поэтому в ее содержание включены не все вопросы, которые требуется рассматривать на практике при разработке нормативов ПДВ.

В отличие от реальных проектных материалов в курсовой работе не используются карта-схема предприятия и ситуационная карта-схема района города, в котором расположено предприятие. Для некоторого упрощения задачи нормирования выбросов в курсовой работе в качестве объекта для обоснования нормативов ПДВ задается только ТЭЦ или котельная. При этом учитывается, что для ТЭЦ и котельных требуемая ширина санитарно-защитной зоны (СЗЗ) определяется только по результатам расчета загрязнения атмосферы (РЗА).

В курсовой работе нормативы предельно допустимых выбросов могут быть установлены в зависимости от результатов одного или нескольких последовательно выполненных расчетов.

Готовая курсовая работа состоит из пояснительной записки объемом 35-50 страниц и распечатки расчетов на ЭВМ.

## 1. Общие положения

Норматив ПДВ - масса загрязняющего вещества, содержащаяся в единицу времени в выбросах от одиночного источника или от группы источников и создающая в результате рассеивания в атмосферном воздухе приземную концентрацию, не превышающую ПДК с учетом фоновой загрязненности [3].

Данное определение можно выразить следующим условием: если фактический выброс загрязняющего вещества  $M \leq \text{ПДВ}$ , то

$$\frac{c + c_{\text{ф}}}{\text{ПДК}} \leq 1, \quad (1)$$

где  $c$  - суммарная концентрация загрязняющего вещества, создаваемая группой источников,  $\text{мг}/\text{м}^3$ ;

$c_{\text{ф}}$  - фоновая концентрация загрязняющего вещества,  $\text{мг}/\text{м}^3$ ;

ПДК - максимальная разовая предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе населенных пунктов,  $\text{мг}/\text{м}^3$ .

Выполнимость условия (1) устанавливается в результате расчета загрязнения атмосферы (РЗА).

Если условие (1) не выполняется, то нормирование выбросов в атмосферу при разработке предпроектной и проектной документации производится в несколько этапов расчетов. На заключительной стадии условие (1) должно обеспечиваться.

Предлагаемые мероприятия по сокращению выбросов в атмосферу должны в итоге обеспечить достижение нормативов ПДВ.

Размерность нормативов ПДВ -  $\text{г}/\text{с}$  и  $\text{т}/\text{год}$ .

Оформленная курсовая работа должна содержать следующие разделы:

- аннотацию;
- введение;
- исходные данные;

- расчет количества дымовых газов;
- расчет количеств загрязняющих веществ;
- расчет загрязнения атмосферного воздуха;
- предложения по нормативам допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу;
- контроль за соблюдением нормативов ПДВ;
- мероприятия по регулированию выбросов в атмосферу;
- предотвращение аварийных выбросов в атмосферу;
- литературу;
- приложения - распечатки результатов РЗА на ЭВМ.

Методические указания по выполнению и оформлению отдельных разделов курсовой работы рассматриваются ниже.

## 2. Введение

Во введении дается характеристика рассматриваемого источника загрязнения атмосферного воздуха, и ставится задача курсовой работы.

На ТЭЦ и котельных могут использоваться следующие виды топлива: твердое (каменный или бурый угли, сланцы), жидкое (мазут), природный газ.

Топливо сжигается в котлах (паровых или водогрейных), оборудованных камерными или слоевыми топками. Последними могут быть оборудованы котлы относительно небольшой паропроизводительности, сжигающие твердое топливо.

В пояснительной записке требуется в соответствии с исходными данными конкретно описать объект (топливо, назначение котлов и т.д.)

Для осуществления возможно более полного сжигания топлива воздух в топку котлов подают в количестве несколько большем, чем требуется теоретически. В связи с этим используют понятие «коэффициент избытка воздуха,  $\alpha$ ». В реальных условиях значение коэффициента  $\alpha$  за котлом составляет  $1,25 - 1,4$ .

Твердое и жидкое топливо состоит из органической и минеральной частей. Органическая часть топлива сгорает, образуя продукты сгорания, основными компонентами которых являются диоксид углерода (углекислый газ) и водяной пар. Также образуются газообразные загрязняющие вещества: оксиды азота (в пересчете на диоксид азота), оксид углерода, диоксид серы.

При сжигании природного газа, не содержащего в своем составе сероводород, диоксид серы не образуется.

Минеральная часть топлива является балластом. В результате сжигания топлива она частично расплавляется, образуя шлак, который удаляется через шлаковые воронки, расположенные под топкой, а остальная доля минеральной части топлива называется золой. Наиболее крупные частицы золы осаждаются в топке, а более мелкие (летучая зола) - выносятся из топки продуктами сгорания. При работе котельной на мазуте в дымовых газах содержится мазутная зола.

Кроме этого, при работе котлов на твердом и жидком топливе недогоревшие частицы топлива в виде сажи также выносятся с продуктами сгорания.

Образующиеся дымовые газы состоят, таким образом, из азота, углекислого газа, водяных паров, остаточного кислорода, газообразных примесей, из частиц летучей золы и сажи.

В целом при работе котлов на различных видах топлива согласно методике должны нормироваться следующие загрязняющие вещества:

- ✓ при работе котлов на мазуте расчет проводится по оксидам азота, диоксиду серы, оксиду углерода, мазутной золе, саже;
- ✓ при работе котлов на угле – по оксидам азота, диоксиду серы, летучей золе, саже, оксиду углерода;
- ✓ при работе котлов на природном газе – по оксидам азота.

### 3. Исходные данные

Месторасположение ТЭЦ или котельной задается для выбора температуры наружного воздуха и коэффициента температурной стратификации (А).

Высоты (Н) источников выбросов и диаметры (D) устья трубы задаются в м, температура (Т) дымовых газов на выходе из трубы - в °С.

Характеристики топлив включают вид (твердое, жидкое, газообразное), месторасположение, марку (для газа - наименование газопровода). Расчетный расход топлива (В<sub>р</sub>) задается в т/ч или тыс.м<sup>3</sup>/ч (для газа) на один котел (паровой или водогрейный); кроме того, задается годовой расход топлива (В) в т/год для оценки валовых выбросов загрязняющих веществ.

Коэффициент избытка воздуха (α) задается одинаковым для всех источников выбросов.

Характеристики котлов задаются в виде их паропроизводительности - т/ч или теплопроизводительности - Гкал/ч. Одновременно задается число котлов, соединенных с конкретным источником (дымовой трубой).

Фоновое загрязнение может быть задано через фоновую концентрацию (с<sub>ф</sub>, мг/м<sup>3</sup>) по конкретному загрязняющему веществу.

Координаты источников X и Y задаются в метрах. В задании на курсовую работу используются только условные координаты.

### 4. Расчет количества дымовых газов

Расчет количества дымовых газов определяется по формуле [4]:

$$V'_r = \frac{B_r \cdot V_r \cdot (273 + T)}{3,6 \cdot 273} \cdot \text{м}^3/\text{с}, \quad (2)$$

где V<sub>r</sub> - выход продуктов сгорания топлива, нм<sup>3</sup>/кг, нм<sup>3</sup>/нм<sup>3</sup> при α > 1;

B<sub>r</sub> - расход топлива, т/ч, тыс. м<sup>3</sup>/ч (для природного газа);

T - температура отходящих дымовых газов, °С.

Величина V<sub>r</sub> рассчитывается по формуле:

$$V_r = V_r^0 + (\alpha - 1) \cdot V^0, \quad (3)$$

где  $V_r^0$  - выход продуктов сгорания при  $\alpha = 1$ ;

$V^0$  - теоретически необходимое количество воздуха,  $\text{нм}^3/\text{кг}$ ,  $\text{нм}^3/\text{нм}^3$ ;

$\alpha$  - коэффициент избытка воздуха.

Величины  $V_r^0$ ,  $V^0$  зависят от используемого топлива и приведены в

Приложении;  $T$ ,  $\alpha$  - исходные данные.

## 5. Расчет количеств загрязняющих веществ

Методика расчета количеств загрязняющих веществ изложена в [4, 5]; данные о котельных установках, используемые при расчетах можно найти в справочнике [6].

### Оксиды азота

Валовый выброс *оксидов азота* при работе на газе определяется по формуле:

$$M = V_p \cdot Q^r \cdot K_{\text{NO}_2} \cdot \beta_k \cdot \beta_r \cdot \beta_\alpha \cdot (1 - \beta_T) \cdot (1 - \beta_\delta) \cdot k_n, \text{ т/год},$$

где  $V_p$  - расчетный расход топлива,  $\text{тыс. м}^3/\text{год}$ ;

Расчетный расход топлива пересчитывается по следующей формуле:

$$V_p = V \cdot (1 - q_4 / 100),$$

где  $V$  - фактический расход топлива,  $\text{т/год}$ ;

$q_4$  - потери тепла с уносом вследствие механической неполноты сгорания топлива, %.

Несмотря на то, что во всех формулах для расчета оксидов азота требуется подставлять расчетный расход топлива ( $V_p$ ), при расчете оксидов азота подобный пересчет не имеет смысла, так как величина  $q_4$  - потери тепла с уносом вследствие механической неполноты сгорания топлива, % - для природного газа равна 0. Следовательно, в формулу следует подставлять расход топлива в натуральных единицах, т. е.  $V_p = V$ .

$Q^r$  - низшая теплота сгорания топлива,  $\text{МДж}/\text{м}^3$ ;

$K_{\text{NO}_2}$  - удельный выброс оксидов азота при сжигании газа,  $\text{г}/\text{МДж}$ , определяется по формулам:

$$\text{для паровых котлов } K_{\text{NO}_2} = 0,01\sqrt{D} + 0,03,$$

где  $D$  - фактическая паропроизводительность котла,  $\text{т/ч}$ ;

для водогрейных котлов  $K_{\text{NO}_2} = 0,0113\sqrt{Q^r} + 0,03$ ,

где  $Q^r$  - фактическая тепловая мощность котла по введенному в топку теплу,  $\text{МВт}$ , определяемая по формуле:  $Q^r = V_p \cdot Q^r$ , где  $V_p$  -  $\text{нм}^3/\text{с}$ .

Здесь следует обратить внимание на единицы, в которых подставляется  $V_p$ . Как для расчета валовых выбросов (в  $\text{т/год}$ ), так и для расчета максимальных выбросов (в  $\text{г/с}$ ) при расчете фактической тепловой мощности величина  $V_p$  подставляется в  $\text{нм}^3/\text{с}$ .

Согласно методике расход топлива необходимо учитывать в нормальных  $\text{м}^3$ . Подобный пересчет имеет смысл, например, при следующих условиях: производится подогрев подаваемого в топку воздуха и, вследствие этого, температура подаваемого топлива также растет и в прочих подобных случаях. Но подобные условия для «малых» котлов встречаются нечасто, поэтому подобный пересчет производиться не будет и следует принять:  $\text{нм}^3/\text{с} = \text{м}^3/\text{с}$ .

$\beta_k$  - безразмерный коэффициент, учитывающий принципиальную конструкцию горелки:

для всех дутьевых горелок напорного типа  $\beta_k = 1,0$ ;

для горелок инжекционного типа  $\beta_k = 1,6$ ;

для горелок двухступенчатого сжигания  $\beta_k = 0,7$ ;

$\beta_r$  - безразмерный коэффициент, учитывающий температуру воздуха, подаваемого для горения,  $\beta_r = 1 + 0,002(t_{\text{гв}} - 30)$ , где  $t_{\text{гв}}$  - температура горячего воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ ; принимать  $\beta_r = 1$ ;

$\beta_\alpha$  - безразмерный коэффициент, учитывающий влияние избытка воздуха на образование оксидов азота, в общем случае значение  $\beta_\alpha = 1,225$ , при работе котла в соответствии с режимной картой  $\beta_\alpha = 1$ ;

$\beta_T$  - безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов через горелки на образование оксидов азота, при подаче газов рециркуляции в смеси с воздухом  $\beta_T = 0,16\sqrt{t}$ , где  $t$  - степень рециркуляции дымовых газов, %; принимать  $\beta_T = 0$ ;

$\beta_\delta$  - безразмерный коэффициент, учитывающий ступенчатый ввод воздуха в топочную камеру,  $\beta_\delta = 0,022 \cdot \delta$ , где  $\delta$  - доля воздуха, подаваемого в промежуточную зону факела (в процентах от общего количества организованного воздуха); принимать  $\beta_\delta = 0$ ;

$k_n$  - коэффициент пересчета:

при определении выбросов в тоннах в год  $k_n = 10^3$ .

*При расчете г/с (максимальных) выбросов ряд величин следует подставлять в формулу в следующих единицах:*

$V_p$  - максимальный расчетный расход топлива,  $\text{нм}^3/\text{с}$ ;

$k_n$  – коэффициент пересчета при определении выбросов, г/с.  $k_n=1$

Остальные величины подставляются в тех же единицах, что и при расчете выбросов в т/год.

Валовый выброс **оксидов азота** при работе на угле определяется по формуле:

$$M = V_p \cdot Q'_1 \cdot K_{NO_2} \cdot \beta_r \cdot k_n, \quad \text{т/год},$$

где  $V_p$  – расчетный расход топлива, т/год;

$Q'_1$  – низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг;

$K_{NO_2}$  – удельный выброс оксидов азота при слоевом сжигании твердого топлива, г/МДж, определяется по формуле:

$$K_{NO_2} = 11.0 \cdot 10^{-3} \cdot \alpha_T \cdot (1 + 5,46 \cdot (1 - R_6/100)) \cdot \sqrt[3]{Q'_1 q_r},$$

где  $\alpha_T$  – коэффициент избытка воздуха в топке,  $\alpha_T = 1,4 - 2,5$ ;

$R_6$  – характеристика гранулометрического состава угля – остаток на сите с размером ячеек 6 мм, %; принимать  $R_6 = 40$  % для угля;  $R_6 = 50$  % для дров;

$q_r$  – тепловое напряжение зеркала горения, МВт/м<sup>2</sup>; принимать  $q_r = 1,3$  МВт/м<sup>2</sup> для каменного угля; для древесных отходов  $q_r = 0,58$  МВт/м<sup>2</sup>;

$\beta_r$  – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов, подаваемых в смеси с дутьевым воздухом под колосниковую решетку, на образование оксидов азота:  $\beta_r = 1 - 0,75\sqrt{r}$ , где  $r$  – степень рециркуляции дымовых газов, %; принимать  $\beta_r = 1$ ;

$k_n$  – коэффициент пересчета:

при определении выбросов в тоннах в год  $k_n = 10^{-3}$ .

**При расчете г/с (максимальных) выбросов ряд величин следует подставлять в формулу в следующих единицах:**

$V_p$  – максимальный расчетный расход топлива, кг/с;

$k_n$  – коэффициент пересчета при определении выбросов, г/с,  $k_n=1$ .

Остальные величины подставляются в тех же единицах, что и при расчете выбросов в т/год.

Валовый выброс **оксидов азота** при работе на мазуте определяется по формуле:

$$M = V_p \cdot Q'_1 \cdot K_{NO_2} \cdot \beta_r \cdot \beta_\alpha \cdot (1 - \beta_r) \cdot (1 - \beta_\delta) \cdot k_n, \quad \text{т/год},$$

где  $V_p$  – расчетный расход топлива, т/год;

$V_p = B \cdot (1 - q_4/100)$ , где  $B$  – фактический расход топлива, т/год;

$Q'_1$  – низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг;

$K_{NO_2}$  – удельный выброс оксидов азота при сжигании мазута, г/МДж, определяется по формулам:

$$\text{для паровых котлов } K_{NO_2} = 0,01\sqrt{D} + 0,1,$$

где  $D$  – фактическая паропроизводительность котла, т/ч;

$$\text{для водогрейных котлов } K_{NO_2} = 0,0113\sqrt{Q_T} + 0,1,$$

где  $Q_T$  – фактическая тепловая мощность котла по введенному в топку теплу, МВт, определяемая по формуле  $Q_T = V_p \cdot Q'_1$ , где  $V_p$  – кг/с.

Здесь также следует обратить внимание на то, что как для расчета валовых выбросов (в т/год), так и для расчета максимальных выбросов (в г/с) при расчете фактической тепловой мощности величина  $V_p$  подставляется в кг/с.

$\beta_r$  – безразмерный коэффициент, учитывающий температуру воздуха, подаваемого для горения,  $\beta_r = 1 + 0,002(t_{гв} - 30)$ , где  $t_{гв}$  – температура горячего воздуха, °С; принимать  $\beta_r = 1$ ;

$\beta_\alpha$  – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние избытка воздуха на образование оксидов азота, в общем случае значение  $\beta_\alpha = 1,113$ , при работе котла в соответствии с режимной картой  $\beta_\alpha = 1$ ;

$\beta_r$  – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов через горелки на образование оксидов азота, при подаче газов рециркуляции в смеси с воздухом  $\beta_r = 0,17\sqrt{r}$ ,

где  $r$  – степень рециркуляции дымовых газов, %; принимать  $\beta_r = 0$ ;

$\beta_\delta$  – безразмерный коэффициент, учитывающий ступенчатый ввод воздуха в топочную камеру,  $\beta_\delta = 0,018 \cdot \delta$ , где  $\delta$  – доля воздуха, подаваемого в промежуточную зону факела (в процентах от общего количества организованного воздуха); принимать  $\beta_\delta = 0$ ;

$k_n$  – коэффициент пересчета:

при определении выбросов в тоннах в год  $k_n = 10^{-3}$ .

**При расчете г/с (максимальных) выбросов ряд величин следует подставлять в формулу в следующих единицах:**

$V_p$  – максимальный расчетный расход топлива, кг/с;

$k_n$  – коэффициент пересчета при определении выбросов, г/с,  $k_n=1$ .

Остальные величины подставляются в тех же единицах, что и при расчете выбросов в т/год.

### Диоксид серы

Валовый выброс **диоксида серы** определяется по формуле:

$$M = 0,02 \cdot B \cdot S^p \cdot (1 - \eta_{SO_2}) \cdot (1 - \eta_{SO_2}^*), \quad \text{т/год}.$$



где  $B$  – расход натурального топлива за рассматриваемый период, т/год;

$S^p$  – содержание серы в топливе, %;

$\eta_{SO_2}^*$  – доля оксидов серы, связываемых летучей золой топлива; для мазута – 0,02; для угля – 0,1 (кроме углей Канско-Ачинского бассейна).

$\eta_{SO_2}^{**}$  – доля оксидов серы, улавливаемых в золоуловителе, принимать равным 0.

*При расчете г/с (максимальных) выбросов в формулу следует подставлять:*

$B$  – максимальный расход топлива, г/с;

Остальные величины подставляются в тех же единицах, что и при расчете выбросов в т/год.

### Мазутная зола

Следует обратить внимание на данный расчет; эта формула используется только в случае работы котлов на мазуте. Во всех остальных случаях зола рассчитывается по другой формуле.

Валовый выброс *мазутной золы в пересчете на ванадий* определяется по формуле:

$$M = Gv \cdot B \cdot (1 - \eta_{oc}) \cdot (1 - \eta_{zy}/100) \cdot k_n, \text{ т/год,}$$

где  $Gv$  – количество ванадия, находящегося в 1т мазута, г/т, определяется по формуле:

$$Gv = 2222 \cdot A^z, \text{ где } A^z \text{ – содержание золы в мазуте на рабочую массу, \%};$$

$B$  – расход натурального топлива, при определении выбросов в т/год;

$\eta_{oc}$  – доля ванадия, оседающего с твердыми частицами на поверхности нагрева мазутных котлов, принимать равным 0,05;

$\eta_{zy}$  – степень очистки дымовых газов от мазутной золы в золоулавливающих установках, %, принимать равным 0;

$k_n$  – коэффициент пересчета:

при определении выбросов в тоннах в год  $k_n = 10^{-6}$ .

*При расчете г/с (максимальных) выбросов в формулу следует подставлять:*

$B$  – максимальный расход топлива, т/ч;

$k_n$  – коэффициент пересчета при определении выбросов, г/с,  $k_n = 0,278 \cdot 10^{-3}$ .

Остальные величины подставляются в тех же единицах, что и при расчете выбросов в т/год.

### Летучая зола

При сжигании угля (как и при сжигании любого вида твердого топлива) образуются твердые частицы, состоящие из летучей золы и несгоревшего топлива – сажи.

Валовый выброс *летучей золы* определяется по формуле:

$$M = 0,01 \cdot B \cdot a_{zn} \cdot A^r \cdot (1 - \eta_z), \text{ т/год,}$$

где  $B$  – расход натурального топлива, т/год;

$a_{zn}$  – доля золы, уносимой газами из топки котла;

$A^r$  – зольность топлива на рабочую массу, %;

$\eta_z$  – доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях, принимать равным 0;

*При расчете г/с (максимальных) выбросов в формулу следует подставлять:*

$B$  – максимальный расход топлива, т/с;

Остальные величины подставляются в тех же единицах, что и при расчете выбросов в т/год.

### Сажа

Количество недогоревшего топлива (сажи) при сжигании угля и количество сажи при сжигании мазута определяется по формуле:

$$M_c = 0,01 \cdot B \cdot q_4 \cdot \frac{Q_1^r}{32,68} \cdot (1 - \eta_s),$$

где  $q_4$  – потери тепла с уносом вследствие механической неполноты сгорания топлива, %;  $q_4 = 0,1$  % для мазута,  $q_4 = 1 - 10$  % для угля;

$Q_1^r$  – низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг;

$\eta_s$  – доля частиц сажи, улавливаемой в золоуловителях, принимать равным 0;

*При расчете г/с (максимальных) выбросов в формулу следует подставлять:*

$B$  – максимальный расход топлива, г/с;

Остальные величины подставляются в тех же единицах, что и при расчете выбросов в т/год.

**Оксид углерода**

Валовый выброс *оксида углерода* определяется по формуле:

$$M_{CO} = 0,001 \cdot q_3 \cdot R \cdot Q_f \cdot B \cdot (1 - q_4 / 100), \text{ т/год.}$$

где  $q_3$  - потери тепла вследствие химической неполноты сгорания, для газа и мазута –  $q_3 = 0,05 - 0,1 \%$ ; для угля –  $0,1 - 1,0 \%$ ;

$R$  - коэффициент, зависящий от вида топлива; для газа –  $0,5$ ; для мазута –  $0,65$ ; для угля –  $1,0$ ;

$q_4$  - потери тепла вследствие механической неполноты сгорания, %.

*При расчете г/с (максимальных) выбросов в формулу следует подставлять:*

$B$  – максимальный расход топлива, г/с.

Остальные величины подставляются в тех же единицах, что и при расчете выбросов в т/год.

Результаты расчетов количества загрязняющих атмосферу веществ сводятся в табл. 1.

Таблица 1

Источник	Вещество	Количество	
		г/с	т/год
1	2	3	4

**6. Расчет загрязнения атмосферного воздуха**

Расчет производится на основе ОНД-86 «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий» [7].

Основные положения этой методики приведены также в учебнике «Очистка и рекуперация промышленных выбросов» [8] (в дальнейшем сокращенно «Учебник»).

Приведенные в исходных данных значения  $H, D, T$ , а также рассчитанные значения  $V_{г.}$  и  $M_i$  (в г/с), используются при РЗА.

Расчет вследствие его трудоемкости производится на ЭВМ по стандартным программам РЗА, разработанным на базе ОНД-86.

В настоящем издании рассмотрена подготовка данных к расчету на ЭВМ по программе «Эколог» (версия 1.32) [9].

Исходные данные для расчетов записываются в табл. 1.1, 2.1, 3.1, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 Приложений.

Программа РЗА «Эколог» (версия 1.3, 1.32)

Программа расчета приземных концентраций вредных веществ в атмосфере реализует основные зависимости и положения методики [7].

Программа позволяет по данным об источниках выброса загрязняющих веществ и в зависимости от условий местности рассчитывать разовые приземные концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

Рассчитываются приземные концентрации как отдельных веществ, так и групп веществ с суммирующимся вредным воздействием. Общее количество веществ и групп суммаций в одном расчете практически не ограничено.

Программа проста в обращении, работа ведется в диалоговом режиме, в помощь пользователю предусмотрена система подсказок.

Для проведения расчетов загрязнения атмосферного воздуха программа использует исходные данные, структура которых представлена на рис. 1.



Рис. 1. Структура исходных данных к программе «Эколог»

Совокупность исходных данных, достаточную для проведения одного или нескольких расчетов загрязнения атмосферы, называют объектом расчета.

Каждый объект обозначается своим номером. Характеристики объекта заносятся в таблицу 1.1 Приложения:

- коэффициент А, зависящий от температурной стратификации атмосферы;
- два значения средней температуры окружающего воздуха: летней и зимней;
- $U^*$ , м/с - скорость, превышаемая в данной местности в среднем многолетнем режиме наблюдений не более, чем в 5 % случаев;
- угол поворота оси ОХ основной системы координат от направления на север по часовой стрелке.

В таблицу 2.1 Приложения «Список веществ» заносят информацию о загрязняющих веществах и группах суммации, подлежащих расчету. Данные о каждом веществе последовательно размещаются в графах одной строки таблицы:

- трехзначный код загрязняющего вещества (трехзначный код получают, отбрасывая первую цифру четырехзначного кода из «Перечня и кодов веществ, загрязняющих атмосферный воздух». Выборка из «Перечня ...» наиболее часто встречающихся примесей и групп суммации приведена в Приложении;
- тип: символ «П» - для примеси, символ «Г» - для групп суммации;
- ПДК загрязняющих веществ;
- значения параметра оседания F загрязняющих веществ.

Значения коэффициента стратификации (А), средней температуры окружающего воздуха (летней и зимней), скорость  $U^*$  приведены в Приложении на с. 43.

Данные, характеризующие источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, заносятся в таблицу 3.1 Приложения.

Каждый источник выброса загрязняющих веществ идентифицируется с помощью 3 трехзначных чисел: номера «площадки», номера «предприятия»

и номера источника. Названия «площадка» и «предприятие» - условные. Под площадкой может пониматься город, промзона, предприятие и т.п. Аналогично, под «предприятием» может подразумеваться промзона, завод, цех, участок и т.п. Таким образом, эти две составляющие могут быть использованы для разбиения источников на группы по технологическим, организационным или другим признакам. В простейшем случае в графы 1 и 2 таблицы 5 для всех источников выбросов заносят 001, а в графу 3 - реальные номера источников выбросов рассматриваемого предприятия.

В графу 4 заносят тип источников выбросов в соответствии с четырьмя их моделями:

- Тип источника:

- 1 - точечный;

- 2 - линейный;

- 3 - пылящий, описывающий выброс от большого числа неорганизованных источников или от сплошной поверхности (например, автостоянка, сварочный пост, поверхности отвалов пород, мазутные баки и т.п.);

- 4 - площадной, служащий для описания выброса из большого числа одинаковых источников сравнительно равномерно распределенных на некоторой территории (например, печные трубы в поселке, выходы вентсистем на крыше здания и т.п.).

1-я, 2-я и 4-я модели используются для описания организованных источников выбросов. Для них задают следующие параметры (графы 6-10): высоту устья источника выброса, диаметр устья источника выброса, скорость выхода газовой смеси из устья источника или ее объем, температуру выбросов. Все параметры источника 4-й модели задаются для одного источника из совокупности, а мощность выброса задается как сумма для всех источников.

3-я модель описывает неорганизованные источники. Для них вышеперечисленные параметры не заносятся.

Для расчета распределения приземных концентраций примесей на местности задают положение источников выбросов на этой местности (графы 11-15):

- Положение точечного источника выбросов задается значениями координат  $X, Y$  (в метрах) этого источника в прямоугольной системе координат.

- Положение линейного источника задается координатами двух его противоположных концов, т.е. двумя парами чисел  $X_1, Y_1$  и  $X_2, Y_2$ .

Положение и размеры площадного источника, который может быть только прямоугольным, задаются двумя парами координат  $X_1, Y_1$  и  $X_2, Y_2$  середин его противоположных сторон и шириной, определяемой величиной одной из этих сторон (рис. 2):

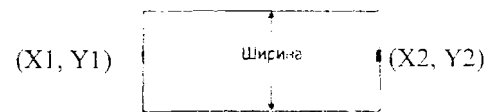


Рис. 2. Задание координат и ширины площадного источника

Величины выбросов загрязняющих веществ в г/с и коды загрязняющих веществ заносятся в строку, соответствующую номеру источника этих выбросов (графы 17, 18 и т.д.). Код вещества должен совпадать при этом с его кодом в «Списке веществ» (табл. 2.1).

При наличии фоновых концентраций сведения о них заносят в таблицу 4.5 Приложения. В графы 1-4 таблицы 6 приводят номер, название и координаты поста, на котором измерены фоновые концентрации. В графы 5-11 для каждого поста записывают код вещества, название вещества, число различных градаций концентраций и сами величины концентраций. Число градаций может принимать значения 1 (в случае, если значения концентраций при всех направлениях ветра и штиле равны) или 5 (в случае, если они различны).

В таблицу 4.1 заносятся вещества, для которых следует учитывать фоновые концентрации. Кроме того, программа дает возможность учитывать ин-

терполяцию фона, т.е. его затухание по мере удаления от поста. При отказе от интерполяции значение фоновой концентрации прибавляется к концентрации, создаваемой рассматриваемым источником в каждой расчетной точке.

Расчеты приземных концентраций проводятся для совокупности задаваемых на местности расчетных точек. В программе предусмотрены две возможности задания расчетных точек. Можно задать отдельные расчетные точки в таблице 4.3 «Расчетные точки», для каждой из которых заносится ее номер (условный) и координаты.

Обычно задается сразу целое множество расчетных точек, расположенных в узлах прямоугольной сетки. Для этого в таблицу 4.2 «Расчетные площадки» заносят следующие данные:

- номер расчетной площадки (условный);
- координаты середины двух противоположных сторон прямоугольника  $X_1$ ,  $Y_1$  и  $X_2$ ,  $Y_2$ , м (аналогично заданию площадного источника - см. рис. 2);
- ширину прямоугольника - размер сторон прямоугольника, середины которых были заданы, в метрах;
- шаг прямоугольной сетки в направлении от точки 1 к точке 2, м, (шаг по длине);
- шаг прямоугольной сетки вдоль этих сторон, м (шаг по ширине).

Расчетную площадку следует выбирать так, чтобы в нее вошли точки с максимальными концентрациями. Максимальные концентрации создаются, как правило, на расстоянии  $10H$  от источника ( $H$  - высота наиболее высокой трубы на промплощадке, м). Таким образом, расчетная площадка должна иметь размеры  $40 \cdot H \times 40 \cdot H$  (т. е. по  $20 \cdot H$ , отсчитывая расстояние от наиболее высокой трубы в каждую сторону).

Множество значений величин скоростей и направлений ветра, рассматриваемое при поиске максимума концентрации в каждой расчетной точке, задается в таблице 4.4 Приложения «Метеопараметры».

В графе «Скорости ветра» задается множество скоростей ветра, для которых производится расчет. Возможны следующие типы задания величин скорости ветра: «1» соответствует заданию скорости в м/с; «2» - в долях от средневзвешенной опасной скорости ветра  $U_{м.с.}$  рассчитываемой автоматически по формуле (4):

$$U_{м.с.} = \frac{u_{м1} \cdot c_{м1} + u_{м2} \cdot c_{м2} + \dots + u_{мN} \cdot c_{мN}}{c_{м1} + c_{м2} + \dots + c_{мN}}, \quad (4)$$

где  $c_{м1}, c_{м2}, \dots, c_{мN}$  - максимальные концентрации загрязняющего вещества, которые создаются в данной точке местности источниками выбросов 1, 2, ..., N;

$u_{м1}, u_{м2}, \dots, u_{мN}$  - опасные скорости ветра для источников выбросов 1, 2, ..., N.

В общем случае рекомендуемый набор перебираемых скоростей ветра в соответствии с ОНД-86: 0,5 м/с; 0,5 $U_{м.с.}$ ;  $U_{м.с.}$ ; 1,5 $U_{м.с.}$ ;  $U^*$ , м/с.

Множество перебираемых направлений ветра, задаваемых в градусах, заносится в графу «Направления ветра» таблицы 4.4. Возможны следующие типы задания перебора направлений ветра: «1» соответствует перебору направлений ветра от 0 до 360° с заданным шагом (обычно 10°); «2» - перебору направлений ветра внутри заданного сектора с определенным шагом; «3» - фиксированному направлению ветра.

Направления ветра задаются по метеорологическому стандарту, т.е. отсчет идет от направления на север по часовой стрелке, и указывается направление, откуда дует ветер. При просмотре результатов направления ветра выводятся как направления против часовой стрелки от оси OX; в результатах расчета направления ветра выдаются в обоих вариантах через запятую, причем метеорологический стандарт следует первым.

Для управления скоростью и точностью вычислений задаются расчетные константы.

При задании расчетных констант  $E_1$  и  $E_2$  вся совокупность источников, участвующих в расчете, разбивается на две группы: определяющие и второстепенные.

Критерием такого разделения служит выполнение неравенств:

$$\sum_{i=1}^M \left( \frac{c_{mi}}{ПДК_i} \right) \cdot E_1 > \sum_{i=M+1}^N \frac{c_{mi}}{ПДК_i} \quad (5)$$

$$\sum_{i=M}^N \frac{c_{mi}}{ПДК_i} < E_2 \quad (6)$$

где  $c_{mi}$  - максимальная приземная концентрация, создаваемая  $i$ -источником по порядку в ряду источников, упорядоченному по убыванию  $c_{mi}$ ;

$N$  - общее число учитываемых в расчете источников;

$M$  - число определяющих источников в упорядоченном описанном образом ряду источников;

$E_1, E_2$  - критерии выделения определяющих источников.

Эффективным средством сокращения вычислений является отказ от расчетов полей концентраций в случае выполнения условия:

$$\sum_{i=M}^N \frac{c_{mi}}{ПДК_i} < E_3 \quad (7)$$

где  $E_3$  - константа целесообразности проведения расчетов.

Константа  $E_4$  служит для оптимизации перебора скоростей ветра. Если при расчетах при первой из скоростей вклад текущего источника оказывается меньше, чем  $E_4 \cdot ПДК/N$  ( $N$  - количество источников), то дальнейший перебор скоростей для этого источника не осуществляется.

По умолчанию  $E_1=E_2=E_3=E_4=0.1$

Программа дает возможность задать требуемое число выводимых точек максимальных по прямоугольнику концентраций (упорядоченных по убыванию) и число вкладов отдельных источников (по убыванию концентраций) в точках максимальных концентраций, отдельных расчетных точках и в точках поля.

В каждой расчетной точке прямоугольника может быть напечатано до 4 вкладов, в точках максимальных концентраций или отдельных расчетных точках - до 20. Количество вкладов и точек максимальных концентраций задают в таблице 4.6 Приложения.

## 7. Анализ результатов расчета загрязнения атмосферы

Программа расчета загрязнения атмосферы (ПРЗА) «Эколог» дает возможность получить результаты расчета для каждого загрязняющего вещества в виде распечаток: 1) полей концентраций; 2) точек максимальных концентраций; 3) концентраций в расчетных точках; 4) карт с изолиниями концентраций.

Распечатка «Поле максимальных концентраций» содержит информацию о величинах приземных концентраций в каждом узле расчетной площадки, вкладах конкретных источников в эти концентрации (по убыванию), а также о направлениях и скоростях ветра, при которых эти концентрации создаются.

Распечатка «Точки максимальных концентраций» представляет собой выборку точек с наибольшими величинами концентраций из всей совокупности узлов расчетной сетки (количество точек задается в графе 1 таблицы 4.6 Приложения).

В распечатке «Множество расчетных точек» представлена та же информация, что и в предыдущих, но для заданных в таблице 4.3 Приложения расчетных точек, задаваемых обычно на границе СЗЗ, в зонах отдыха населения, вблизи детских учреждений, больниц, и т.п.

Основное назначение распечатки «Карта изолиний» (изолинии строятся по точкам с одинаковыми концентрациями, в долях ПДК) - получение наглядной картины загрязнения атмосферы на расчетной площадке. Кроме того, по карте изолиний можно оценить правильность выбора расчетной площадки. Если границы, размеры расчетной площадки и шаги по осям  $X$  и  $Y$  выбраны правильно, то максимальные суммарные концентрации попадут на

расчетную площадку, а по изолиниям можно будет судить о возрастании концентрации до максимума и последующем их снижении в пределах расчетной площадки.

Примеры результатов расчета РЗА приведены на рис. 3 – 4, а на рис. 5 показаны изолинии концентраций.

Множество расчетных точек  
Вещество 0301 - Азота диоксид

Номер	1	2
X =	0	-800
Y =	1000	0
С, д.ПДК	1,96	1,09
С, мг/м <sup>3</sup>	0,3820	0,2160
Нап(х, м) - ск	93,177-2,0	123,87-2,0
V _1_1_1	001 001 002	001 001 001
( 1) С, д.ПДК	1,27	0,95
V _1_1_1	001 001 001	001 001 002
( 2) С, д.ПДК	0,69	0,13
V _1_1_1	001 001 002	001 001 001
( 1) С, мг/м <sup>3</sup>	0,2540	0,1900
V _1_1_1	001 001 001	001 001 002
( 2) С, мг/м <sup>3</sup>	0,1380	0,0260

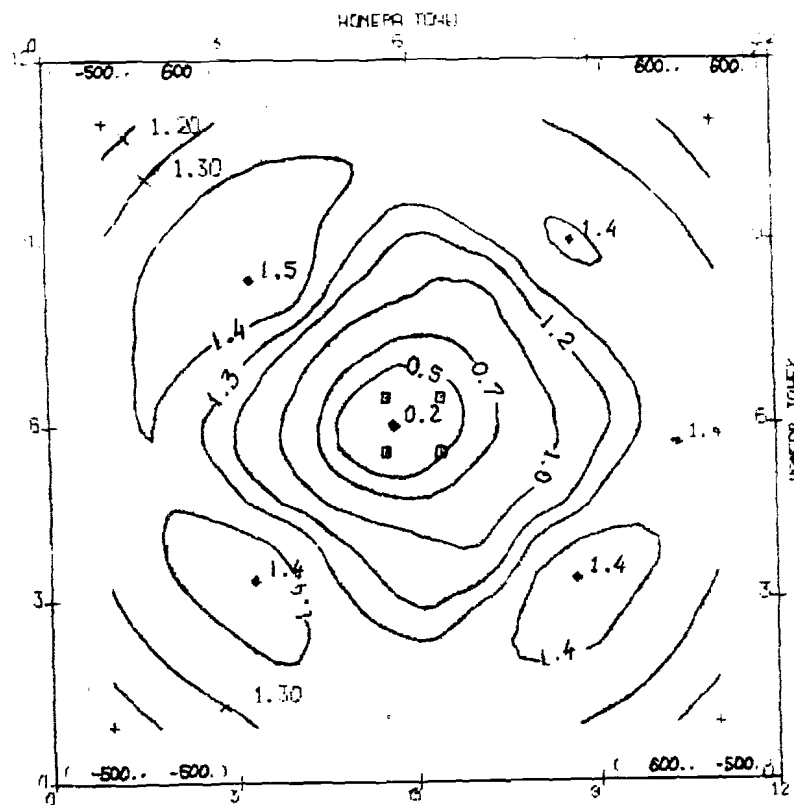
Рис. 3. Результаты РЗА по множеству расчетных точек

Точки максимальных концентраций  
Площадка номер 001 вещество 0301 - Азота диоксид  
Средневзвешенная скорость 1,99  
Расчет максимальных концентраций для ЛЕТА

Номер	1	2	3	4	5
X =	-280	-170	-220	-170	270
Y =	770	390	380	370	-720
С, д.ПДК	1,58	1,58	1,57	1,56	1,54
С, мг/м <sup>3</sup>	0,3160	0,3160	0,3140	0,3120	0,3080
Нап(х, м) - ск	146,174-2,0	124,146-2,0	125,135-2,0	135,135-2,0	304,326-2,0
V _1_1_1	001 001 002	001 001 002	001 001 002	001 001 002	001 001 002
( 1) С, д.ПДК	1,08	1,96	1,08	1,67	0,52
V _1_1_1	001 001 001	001 001 001	001 001 001	001 001 001	001 001 001
( 2) С, д.ПДК	0,50	0,50	0,51	0,54	1,02
V _1_1_1	001 001 002	001 001 002	001 001 002	001 001 002	001 001 002
( 1) С, мг/м <sup>3</sup>	0,2160	0,2160	0,2120	0,2340	0,1040
V _1_1_1	001 001 001	001 001 001	001 001 001	001 001 001	001 001 001
( 2) С, мг/м <sup>3</sup>	0,1000	0,1000	0,1020	0,1760	0,3040

Рис. 4. Результаты РЗА по множеству точек максимальных концентраций

Вещество -- 301 - Азота диоксид



Масштаб карты 1 : 10000

Рис. 5. Карта с изолиниями концентраций

Анализ результатов расчета ведется по распечаткам «Точки максимальных концентраций» в тех случаях, если суммарные максимальные концентрации в них создаются в жилой зоне, а не на промплощадке предприятия или по распечаткам «Множество расчетных точек», если суммарные максимальные концентрации, создаваемые в жилой зоне, выше в них.

Ниже приведен пример чтения информации, выдаваемой на печать в одной из расчетных точек (точка №1 рис. 3). В точке на местности с координатами X=0 и Y=1000 м суммарная концентрация диоксида азота в долях ПДК

равна  $1,96 \text{ в мг/м}^3 - 0,3920$ . Эта концентрация устанавливается при направлении ветра  $93^\circ$  по метеостандарту или  $177^\circ$  при отсчете от оси ОХ прогив часовой стрелки и скорости ветра  $2 \text{ м/с}$ . Вклад источника № 2 составляет  $1,27$  долей ПДК или  $0,2540 \text{ мг/м}^3$ , источника № 1 –  $0,69$  ПДК или  $0,1380 \text{ мг/м}^3$ .

Результаты анализа сводят в таблицу 2.

Таблица 2

Перечень источников, дающих максимальные вклады в уровень загрязнения атмосферы

Код и наименование вещества	№ контрольной точки	Расчетная максимальная приземная концентрация в жилой зоне, доли ПДК	Источники, дающие наибольший вклад в максимальную концентрацию		Принадлежность источника (пех, участок)
			№ ист. на карте-схеме	% вклада	
1	2	3	4	5	6

При наличии фона указывается суммарная наибольшая концентрация с учетом фона.

### 8. Мероприятия по сокращению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу

При необходимости поэтапного нормирования должны быть предложены мероприятия, позволяющие сократить выбросы до такого уровня, при котором условие выражения (1) выполняется.

Для веществ, не образующих группу суммации, мероприятия рассчитываются следующим образом.

Допустим, при анализе по саже выявлено, что суммарная концентрация составляет  $1,7 \text{ ПДК}$ , при этом вклад ист. № 1 –  $1,5 \text{ ПДК}$ ; ист. № 2 –  $0,2 \text{ ПДК}$ .

Определим требуемые мероприятия.

Основное условие:  $c \text{ (в долях ПДК)} \leq 1$ ; вклад ист. № 2 –  $0,2 \text{ ПДК}$ , таким образом, если не оснащать очисткой ист. № 2, квота ист. № 1 составит:  $1 - 0,2 = 0,8 \text{ ПДК}$ .

Тогда требуемая степень очистки ист. № 1 составит:

$$\eta_{\text{треб}} = \frac{c_n - c_k}{c_n} \cdot 100\% = \frac{1,5 - 0,8}{1,5} \cdot 100\% = 46,7\%$$

где  $c_n$  – начальная приземная концентрация, создаваемая в атмосферном воздухе, доли ПДК;

$c_k$  – конечная концентрация, которую следует достигнуть, доли ПДК.

Данному условию удовлетворяет, например, пылевая камера с  $\eta = 50\%$ .

Далее определяется мощность выброса  $M'$  от источника после установки системы очистки:

$$M' = M \cdot (1 - \eta/100),$$

где  $M$  – мощность выброса до установки системы очистки,  $\text{г/с}$ ;  $\text{т/год}$ .

Ниже приведены ориентировочные значения достигаемых степеней очистки для некоторых видов пылеулавливающего оборудования:

- 1) установка пылевой камеры –  $\eta = 50\%$  (за исключением мазутной золы);
- 2) установка инерционного осадителя –  $\eta = 70\%$  (за исключением мазутной золы);
- 3) установка циклонной установки –  $\eta = 80 - 90\%$ .

Схема очистки дымовым газом выбранного способа должна быть приведена и описана в пояснительной записке.

По согласованию с руководителем курсовой работы в качестве мероприятия может быть предложено применение топлива с меньшим содержанием серы –  $S^p, \%$ , если требуется осуществить мероприятия по сокращению выбросов  $\text{SO}_2$ .



Степени очистки для мероприятий по уменьшению выбросов диоксида серы составляют:

- 1) известняковый способ (очистка взвесью  $\text{CaCO}_3$ ):  $\eta$  - до 70 %;
- 2) известковый способ (очистка взвесью  $\text{Ca(OH)}_2$ ):  $\eta$  - до 90 %;
- 3) натронный способ (очистка раствором  $\text{NaOH}$ ):  $\eta$  - до 99 %.

Сокращение выбросов оксидов азота в атмосферу может быть достигнуто уменьшением коэффициента избытка воздуха, а также рециркуляцией части дымовым газом в топке котлов. При этом может быть достигнуто сокращение выбросов оксидов азота на 30 – 50 %.

Для веществ, образующих группу суммации, например  $\text{SO}_2$  и  $\text{NO}_2$ , анализ ведется следующим образом:

По результатам РЗА составляется таблица по следующей форме:

№ источника	Концентрации загрязняющих веществ и группы суммации, доли ПДК		
	$\text{SO}_2$	$\text{NO}_2$	группа суммации
Ист. № 1	0,3	0,7	1,0
Ист. № 2	0,4	0,1	0,5
По группе суммации	0,7	0,8	1,5

Требуется выполнить следующее условие:

$$Q = \frac{c_{\text{SO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{SO}_2}} + \frac{c_{\text{NO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{NO}_2}} \leq 1 \quad (8)$$

или, представив эту формулу более подробно:

$$\frac{c_{\text{SO}_2}^1}{\text{ПДК}_{\text{SO}_2}} + \frac{c_{\text{SO}_2}^2}{\text{ПДК}_{\text{SO}_2}} + \frac{c_{\text{NO}_2}^1}{\text{ПДК}_{\text{NO}_2}} + \frac{c_{\text{NO}_2}^2}{\text{ПДК}_{\text{NO}_2}} \leq 1 \quad (9)$$

В данном случае выбор мероприятий следующий.

По ист. № 1 предлагаются мероприятия по внедрению системы подавления выбросов  $\text{NO}_2$  за счет рециркуляции дымовых газов и уменьшения коэффициента избытка воздуха. Эффективность данных мероприятий составит, например, 50 %. Тогда:

$$c'_{\text{NO}_2} = c_{\text{NO}_2} \cdot (1 - \eta/100) = 0,70 \cdot (1 - 50/100) = 0,35 \text{ ПДК}$$

Квота для ист. № 1 по  $\text{SO}_2$  в этом случае составит:

$$1 - (0,35 + 0,4 + 0,1) = 0,15 \text{ ПДК}.$$

Тогда для ист. № 1 по  $\text{SO}_2$  требуемая степень очистки должна быть равной:

$$\eta_{\text{mp,SO}_2}^1 = \frac{c_n - c_k}{c_n} \cdot 100\% = \frac{0,3 - 0,15}{0,3} \cdot 100\% = 50\%.$$

Выбираем известняковый способ очистки выбросов от диоксида серы с эффективностью до 70 %. В этом случае для ист. № 1 установка очистки выбросов не требуется.

Далее необходимо рассчитать мощности выбросов после установки очистки:  $M'_{\text{SO}_2}$  и  $M'_{\text{NO}_2}$ .

Степени очистки для прочих мероприятий по уменьшению выбросов можно найти в работах [11, 13, 14].

Полученные величины количеств загрязняющих веществ предлагаются в качестве нормативов ПДВ.

Если с помощью средств очистки не удастся сократить выбросы загрязняющих веществ в атмосферу до ПДВ, то в качестве дополнительного мероприятия может быть предложено сокращение тепловой мощности ТЭЦ на 10 – 20 %.

В исключительных случаях и по согласованию с органами экологической экспертизы нормирование может быть осуществлено в 2 – 3 этапа с временными промежутками между этапами в 2 – 3 года.

На каждый этап нормирования производится РЗА на ЭВМ с анализом полученных результатов.

### 9. Предложения по нормативам допустимых выбросов в атмосферу

Если в результате анализа будет установлено, что для любого вещества обеспечивается условие выражения (1), то нормативы ПДВ обосновываются в один этап.

Предложения по нормативам ПДВ базируются в этом случае на данных табл. 1 и сводятся в табл. 3.

Если по результатам РЗА условие выражения (1) не обеспечивается, то необходимо предложить мероприятия по уменьшению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Тогда на первом этапе предлагаются нормативы, которые также базируются на данных табл. 1 (существующее положение - до мероприятий), а начиная со следующего года после внедрения мероприятий – рассчитанные в разд. 8 величины выбросов.

Таблица 3

Нормативы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу

Производство, цех, участок	Код вещества	Номер источника выброса	Нормативы ПДВ по годам:									
			2006 г.		2007 г.		2008 г.		2009 г.		2010 г.	
			г/с	т/год	г/с	т/год	г/с	т/год	г/с	т/год	г/с	т/год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

## 10. Контроль за соблюдением нормативов ПДВ на предприятии

Контроль за соблюдением нормативов ПДВ на предприятии производится непосредственно на источниках выбросов.

В данной работе контроль соблюдения нормативов ПДВ разрабатывается на существующее положение (до мероприятий).

При контроле источников выбросов должно обеспечиваться условие:

$$M \leq \text{ПДВ} \quad (10)$$

Система контроля за соблюдением нормативов ПДВ включает контроль за выбросами загрязняющих веществ в атмосферу от источников предприятия с целью определения их соответствия установленным значениям ПДВ (ВСВ).

Согласно [10] все источники загрязнения предприятия, подлежащего контролю, делят на четыре категории.

К *первой категории* относятся источники, для которых при  $C_i/\text{ПДК} \geq 0,5$ , где  $C_i$  – максимальная расчетная приземная концентрация  $i$ -того загрязняющего вещества, создаваемая данным источником загрязнения на границе ближайшей жилой застройки, выполняется следующее неравенство:  $M/(\text{ПДК} \cdot H) > 0,001$ , где  $M$  – максимальная величина загрязняющего вещества из источника, г/с;  $H$  – высота источника, м (при  $H < 10$  м принимается  $H = 10$  м).

К *второй категории* относятся источники, для которых при  $C_i/\text{ПДК} < 0,5$  выполняется следующее неравенство:  $M/(\text{ПДК} \cdot H) > 0,001$ , и для рассматриваемого источника разработаны мероприятия по сокращению выбросов данного вещества в атмосферу.

К *третьей категории* относятся источники, для которых при  $C_i/\text{ПДК} < 0,5$  выполняется следующее неравенство:  $M/(\text{ПДК} \cdot H) > 0,001$  и за норматив ПДВ принимается фактический выброс.

К *четвертой категории* относятся источники, для которых при  $C_i/\text{ПДК} < 0,5$  выполняется следующее неравенство:  $M/(\text{ПДК} \cdot H) \leq 0,001$ .

Периодичность контроля на источниках в зависимости от категории следующая:

**I категория** – 1 раз в квартал;

**II категория** – 2 раза в год;

**III категория** – 1 раз в год;

**IV категория** – 1 раз в 5 лет

Исходные данные и результаты расчета категорий источников представлены в таблице 4.

Таблица 4

Определение категории источников

№ источника	Цех	наименование	Выбрасываемое вещество		$C_i/\text{ПДК}_i$	M, г/с	ПДК <sub>м.р.</sub> , мг/м <sup>3</sup>	H, м	M/(ПДК·H)	Категория
			код	наименование вредного вещества						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Методики и средства контроля приведены в работе [8, с. 397 - 400], а также в работе [12].

Форма графика контроля загрязнения атмосферного воздуха на стационарных постах приведена в табл. 6. Для контроля выбирают 2-3 контрольные точки.

Координаты постов X и Y выбираются из распечатки результатов РЗА на ЭВМ и преимущественно в точках расчетной площадки, в которой концентрации загрязняющих веществ имеют наибольшие значения.

Расчетные концентрации, приведенные в распечатках для соответствующих точек, рассматриваются при контроле как эталонные.

Нормативы ПДВ будут соблюдаться, если измеренные на стационарных постах концентрации не будут превышать значений, указанных в таблице. Следует указать, что при такого рода контроле отборы проб производятся по правилам, соответствующим контролю максимально разовых ПДК.

Методики и средства контроля загрязнения атмосферного воздуха указываются согласно стандартным методикам [12].

Таблица 5

План-график контроля за соблюдением нормативов выбросов на источниках выброса

Цех номер	Цех наименование	Номер источника	Выбрасываемое вещество		Периодичность контроля	Норматив выброса		Кем осуществляется контроль	Методика проведения контроля
			код	наименование		г/с	мг/м <sup>3</sup>		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Таблица 6

План-график контроля за соблюдением нормативов выбросов

по измерениям концентраций в атмосферном воздухе

Цех номер	Цех наименование	Номер источника	Контрольная точка		Контролируемое вещество	Концентрация в атмосферном воздухе, мг/м <sup>3</sup>	Метеоусловия		Периодичность контроля	Кем осуществляется контроль	Методика проведения контроля		
			X	Y			направление ветра, град.	скорость, м/с					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

## Библиографический список

1. Закон РФ «Об охране окружающей среды», 2002.
2. ГОСТ 17.2.8.02-78 «Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями». М., 1979.
3. ОНД-1-84. «Инструкция о порядке рассмотрения, согласования и экспертизы воздухоохраных мероприятий и выдачи разрешений на выброс загрязняющих веществ в атмосферу по проектным решениям». М.: Госкомгидромет, 1984.
4. Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 тонн пара в час или менее 20 Гкал в час. М., 1999.
5. Методическое письмо НИИ «Атмосфера» № 335/33-07 от 17 мая 2000 г. «О проведении расчетов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 тонн пара в час или менее 20 Гкал в час». СПб, 2000.
6. К.Ф. Роддатис «Справочник по котельным установкам малой производительности». М.: Энергоатомиздат, 1989.
7. ОНД-86. «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий». Л.: Гидрометеоздат, 1987.
8. Очистка и рекуперация промышленных выбросов / В.Ф. Максимов, И.В. Вольф, Т.А. Винокурова и др.: Учебник для вузов. М.: Лесная промышленность, 1989.
9. Унифицированная программа расчета загрязнения атмосферы «Эколог» версия 1.32. Инструкция пользователя. СПб.: Фирма «Интеграл», 2000.
10. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (дополненное и переработанное). СПб.: НИИ «Атмосфера», 2005.
11. Техника защиты окружающей среды / Л.И. Родионов, В.М. Клушин, М.С. Торочешников: Учебник для вузов. М.: Химия, 1989.
12. Инструкция по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Л., 1994.
13. Вальдберг А.Ю., Исянов Л.М. Технология пылеулавливания. Л.: Машиностроение, 1985.
14. Справочник по пыле- и золоулавливанию Под общей ред. Русанова А.А. М.: Энергоатомиздат, 1983.

## Приложения

Таблица 1.1

Характеристики объектов

Номер	Название объекта	Температура, °С		Максимальная скорость ветра, U*, м/с	Коэффициент А	Угол поворота, град.	Расположение объекта
		зима	лето				
1	2	3	4	5	6	7	8

Таблица 2.1

Список веществ

Код	Тип (П или Г)	Название (для группы - коды примесей)	ПДК (для примесей)	F
1	2	3	4	5

Таблица 3.1

Исходные данные источников выбросов

Номер площадки	Номер предприятия	Номер источника	Тип (1-4)	Название источника	Высота источника, м	Диаметр устья, м	Объем ГВС, м³/с	Скорость ГВС, м/с	Температура ГВС, °С
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Продолжение табл. 3.1

Координаты источника, м				Ширина источника, м	Коэф-т рельефа	Код примеси	Масса выброса, т/с	Код примеси	Масса выброса	Код примеси	Масса выброса, т/с
X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>								
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
											и так далее

Таблица 4.1

Рассчитываемые примеси / группы суммации и учет фона

Код примеси или группы суммации	Тип	Название	Учет фона "+", "-", "-нет"	Интерполяция "+", "-", "-нет"	Номер фонового поста (при расчете без интерполяции)
1	2	3	4	5	6

Таблица 4.2

Расчетные площадки

Номер площадки	Координаты середин двух противоположных сторон площадки, м				Шаг по длине, м	Ширина, м	Шаг по ширине, м
	X1	Y1	X2	Y2			
1	2	3	4	5	6	7	8

Таблица 4.3

Расчетные точки

Номер точки	Координаты точки, м	
	X	Y
1	2	3

Таблица 4.4

Метеопараметры

Скорости ветра		Направления ветра			
тип	значение	тип	начало сектора	конец сектора	шаг
1	2	3	4	5	6

Таблица 4.5

Фоновые концентрации

Номер поста	Название поста	Координаты поста		Код примеси	Кол-во градаций, 1 или 5	Концентрации в зависимости от метеусловий, мг/м <sup>3</sup>				
		X	Y			штиль	север	восток	юг	запад
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Таблица 4.6

Вклады

Количество точек максимальных концентраций	Количество вкладов	
	в узлах расчетной сетки	в точках максимальных концентраций или отдельных расчетных точках
1	2	3

Выборка из справочника ПДК с кодами загрязняющих веществ

Наименование загрязняющих веществ и групп суммации	Коды
Азота диоксид	301
Серы диоксид	330
Углерода оксид	337
Ванадия пятиокись	110
Сажа	328
Марганец и его соединения (в пересчете на диоксид марганца)	143
Хрома трехвалентные соединения	228
Свинец и его неорганические соединения	148
Фтористый водород	342
Фториды	344
Спирт бутиловый	042
Спирт пропиловый	034
Спирт этиловый	061
Ацетон	141
Ацетальдегид	317
Ксилол	616
Взвешенные вещества	908
Мазутная зола в пересчете на ванадий	904
Пыль древесная	936
<i>Группы суммации:</i>	
Азота диоксид + серы диоксид	001
Азота диоксид + серы диоксид + мазутная зола	006
Серы диоксид + фтористый водород	039

Вид, марка, характеристика продуктов сгорания топлив

Вид топлива	Марка топлива	Характеристика продуктов сгорания	
		объем воздуха (a=1), V <sup>0</sup> , м <sup>3</sup> /кг (нм <sup>3</sup> /нм <sup>3</sup> )	выход продуктов сгорания, V <sup>0</sup> , м <sup>3</sup> /кг (нм <sup>3</sup> /нм <sup>3</sup> )
твердое	уголь Кузнецкий марки Т	6,87	7,28
твердое	уголь Кузнецкий марки Д	6,49	7,07
твердое	уголь Кузнецкий марки С	6,86	7,34
твердое	уголь Печорский марки Ж	6,82	7,28
твердое	уголь Печорский марки Д	4,88	5,35
твердое	уголь Экибастузский	4,55	4,95
твердое	уголь Донецкий марки М	5,52	6,06
жидкое	мазут малосернистый М - 100	10,62	11,48
жидкое	мазут сернистый М - 100	10,45	11,28
жидкое	мазут высокосернистый М - 100	10,2	10,99
газо-образное	газ природный (нитка Серпухов-Ленинград)	10,0	11,22
газо-образное	газ природный (смесь из Западной Сибири)	9,72	10,91

**Средние температуры наружного воздуха  
наиболее холодного и наиболее теплого месяцев года**

Город, поселок	Средняя температура наружного воздуха, °С	
	наиболее холодного месяца	наиболее теплого месяца
пос. Сясьстрой (Ленинградская область)	-8,4	19,6
г. Воркута (республика Коми)	-20,2	15,5
г. Липецк	-8,4	24,4
г. Вологда	-10,8	21,1
г. Екатеринбург	-13,7	20,7
г. Сегежа (республика Карелия)	-12,7	21,6
г. Сургут	-21,2	19,6
г. Кириши (Ленинградская область)	-8,7	21,6
г. Инта (республика Коми)	-17,0	19,1
г. Петрозаводск (республика Карелия)	-10,1	18,6
г. Архангельск	-12,0	18,6
г. Бийск (Алтайский край)	-14,2	24,2
г. Санкт-Петербург	-7,0	20,6
г. Тихвин (Ленинградская область)	-6,2	20,9
г. Сыктывкар (республика Коми)	-14,6	20,3
г. Барнаул (Алтайский край)	-15,0	23,9
г. Омск	-17,5	22,4
г. Кемерово (Кемеровская область)	-17,1	21,8
г. Белгород	-6,5	24,8
г. Новокузнецк (Кемеровская область)	-15,1	24,1

Рекомендуемое значение  $U^* = 7,0$  м/с для всех перечисленных в таблице объектов.



## Значения коэффициента стратификации А (выборка из ОНД-86)

Значение коэффициента А, соответствующее неблагоприятным метеорологическим условиям, при которых концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе максимальна, принимается равным:

- а) 250 — для районов Средней Азии южнее  $40^\circ$  с. ш., Бурятии и Читинской области;
- б) 200 — для европейской территории РФ: для районов РФ южнее  $50^\circ$  с. ш., для остальных районов Нижнего Поволжья, Кавказа, Молдавии; для азиатской территории РФ: для Казахстана, Дальнего Востока и остальной территории Сибири и Средней Азии;
- в) 180 — для европейской территории РФ и Урала от  $50^\circ$  до  $52^\circ$  с. ш., за исключением попадающих в эту зону перечисленных выше районов и Украины;
- г) 160 — для европейской территории РФ и Урала севернее  $52^\circ$  с. ш. (за исключением Центра ЕТС), а также для Украины (для расположенных на Украине источников высотой менее 200 м в зоне от  $50^\circ$  до  $52^\circ$  с. ш. — 180, а южнее  $50^\circ$  с. ш. — 200);
- д) 140 — для Московской, Тульской, Рязанской, Владимирской, Калужской, Ивановской областей.

### Примечание.

Для других территорий значения коэффициента А должны приниматься соответствующими значениям коэффициента А для районов РФ со сходными климатическими условиями турбулентного обмена.

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие .....	3
1. Общие положения .....	4
2. Введение .....	5
3. Исходные данные .....	7
4. Расчет количества дымовых газов .....	-
5. Расчет количеств загрязняющих веществ .....	8
6. Расчет загрязнения атмосферного воздуха .....	14
7. Анализ результатов расчета загрязнения атмосферы .....	23
8. Мероприятия по сокращению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу .....	26
9. Предложения по нормативам допустимых выбросов в атмосферу .....	30
10. Контроль за соблюдением нормативов ПДВ на предприятии .....	32
Библиографический список .....	36
Приложения .....	37

---

Редактор Н.П. Новикова  
Техн. редактор Л.Я. Титова

---

Подп. к печати .02.06. Формат 60 X 84/16. Бумага тип. № 1.  
Печать офсетная. Объем 2,75 п.л.; 2,75 уч.-изд. л. Тираж 100 экз.  
Изд. № 14. Цена «С».

---

Ризограф ГОУВПО Санкт-Петербургского государственного технологи-  
ческого университета растительных полимеров, 198095, Санкт-  
Петербург, ул. Ивана Черных, 4.

НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРОВ