

**МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

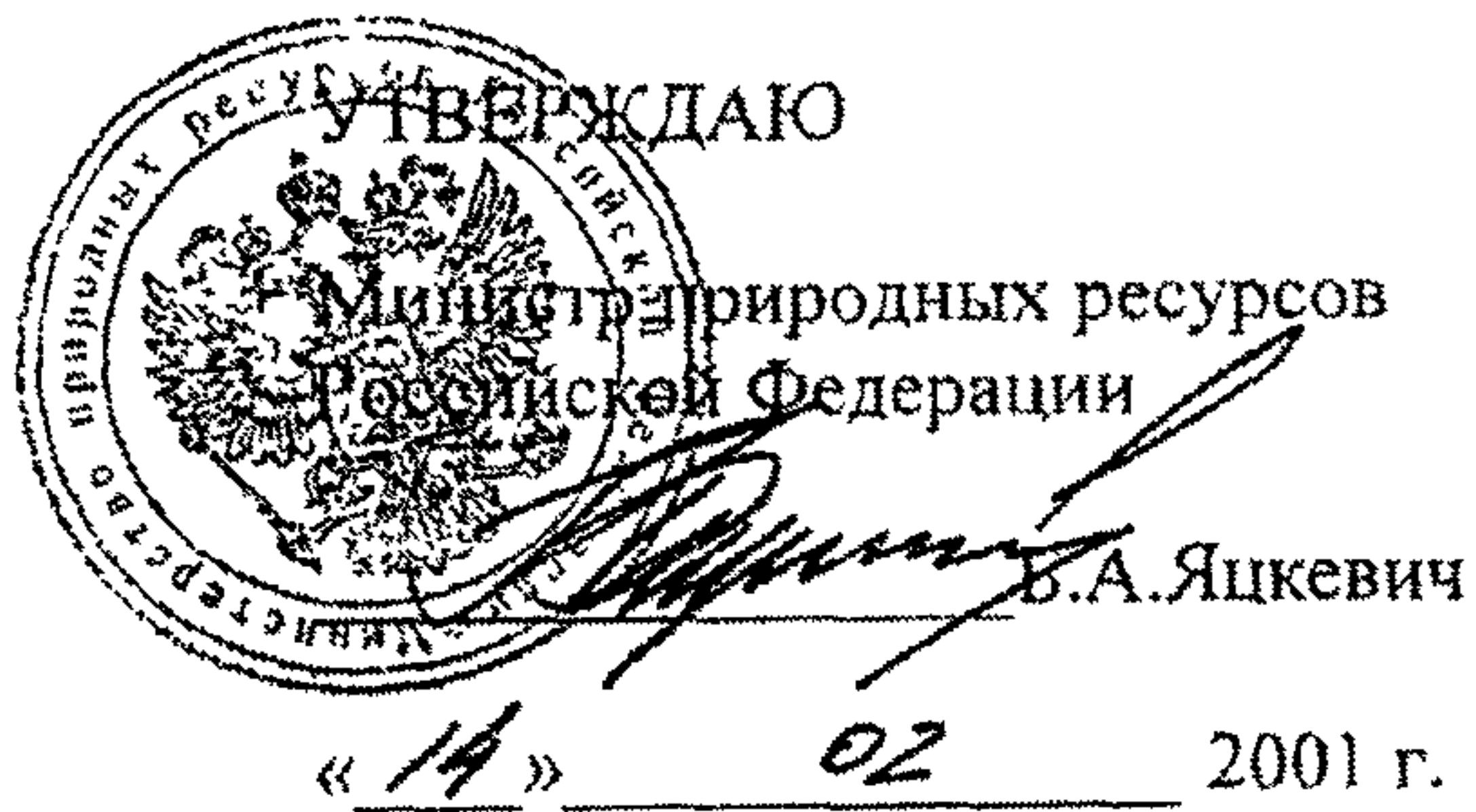
**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ОХРАНЫ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА  
(НИИ АТМОСФЕРА)**

**ФИРМА "ИНТЕГРАЛ"**

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА  
ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ  
В АТМОСФЕРУ ОТ СТАЦИОНАРНЫХ  
ДИЗЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК**

**Санкт-Петербург  
2001 год**





## МЕТОДИКА

# РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРУ ОТ СТАЦИОНАРНЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Санкт-Петербург  
2001

**РАЗРАБОТЧИКИ:**

от НИИ Атмосфера: кандидат физ. мат. наук В.Б. Миляев, кандидат геогр. наук Н.С. Буренин;

от СПб университета МВД России: доктор техн. наук, проф. В.Н. Ложкин;

от ООО «Фирма «Интеграл»: кандидат физ. мат. наук В.И. Лайхтман

При разработке данного документа учтены результаты практической оценки выбросов при проведении расчетов загрязнения атмосферы дизельэлектрическими станциями предприятий Акционерной компании «Якутскэнерго», а также замечания и предложения специалистов территориальных органов по охране окружающей среды и других организаций, занимающихся вопросами охраны атмосферного воздуха.

Методика расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных дизельных установок (далее – Методика):

устанавливает порядок расчета выбросов от стационарных дизельных установок на основе удельных показателей;

распространяется на все типы стационарных дизельных установок дизельгенераторы, буровые агрегаты, мотопомпы, мотокомпрессоры, мотовентиляторы и т.п.;

применяется территориальными органами Министерства природных ресурсов Российской Федерации и организациями, проводящими работы по инвентаризации, нормированию, учету выбросов загрязняющих веществ.

Полученные в соответствии с настоящим документом результаты используются в качестве исходных данных при учете и нормировании выбросов стационарных дизельных установок на действующих предприятиях и объектах, а также при разработке предпроектной и проектной документации на новое строительство.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

<b>Общие положения .....</b>	<b>5</b>
<b>Оценки выбросов от стационарных дизельных установок.....</b>	<b>6</b>
<b>Расчет выбросов с использованием усредненных показателей .....</b>	<b>7</b>
<b>Оценки выбросов по данным технической документации завода-изготовителя и инструментального контроля .....</b>	<b>11</b>
<b>Литература .....</b>	<b>12</b>
<b>Приложение: Оценка расхода и температуры отработавших газов .....</b>	<b>13</b>

## **Общие положения**

1. Методика предназначена для расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу стационарными дизельными установками при их эксплуатации.
2. В соответствии с Методикой производится расчет максимальных разовых за 20-ти минутный период времени и валовых за год выбросов в атмосферу стационарной дизельной установкой. В качестве исходных данных для расчета максимальных разовых выбросов используются сведения из технической документации завода-изготовителя дизельной установки об эксплуатационной мощности (если сведения об эксплуатационной мощности не приводятся, - то номинальной мощности), а для расчета валовых выбросов в атмосферу, - результаты учетных сведений о годовом расходе топлива дизельного двигателя.
3. Методика позволяет, в зависимости от наличия или отсутствия, а также полноты имеющейся информации по выбросам вредных веществ, приводимых в сопровождаемой технической документации на стационарную дизельную установку, или располагаемых возможностей на выполнение соответствующего инструментального контроля выбросов, осуществлять расчет выбросов:
  - с использованием усредненных значений удельных выбросов в зависимости от мощности и частоты вращения коленчатого вала дизельного двигателя;
  - по данным инструментального контроля выбросов в условиях эксплуатации.
4. Приведенные в документе усредненные удельные значения показателей выбросов отражают основные закономерности изменения параметров токсичности дизелей в зависимости от нагрузочно-скоростного режима работы силовой установки, а также мощности и быстроходности дизельного двигателя \*[1], \*[5],\*[6]. При этом учитывается, что в реальной эксплуатации в течение года \*[2], \*[3], \*[7] в соответствии с изменением характера внешних условий стационарная дизельная установка работает на некоторой совокупности установившихся дискретных режимов, для которой значения удельных выбросов усредняются\*[5]. Принимаются во внимание также

особенности организации рабочего процесса многоцилиндровых мощных дизельных установок.

5. Расчеты выбросов выполняются для следующих вредных веществ, поступающих в атмосферу с отработавшими газами стационарных дизельных установок:

- оксид углерода (CO);
- оксиды азота ( $\text{NO}_x$ ) (в пересчете на  $\text{NO}_2$ )
- углеводороды ( $\text{CH}$ )<sup>1</sup>;
- сажа (C);
- диоксид серы ( $\text{SO}_2$ );
- формальдегид ( $\text{CH}_2\text{O}$ );
- бенз(а)пирен (БП).

### **Оценки выбросов от стационарных дизельных установок**

В соответствии с основными классификационными признаками мощности, быстроходности, числа цилиндров дизельных двигателей \*[1], которые определяют способ организации рабочего процесса и, следовательно, токсикологические свойства выделяемых веществ, стационарные дизельные установки условно подразделяются на четыре группы ( $N_e$  – номинальная мощность,  $n$  – число оборотов,  $i$  – число цилиндров):

А – маломощные, быстроходные и повышенной быстроходности ( $N_e < 73,6 \text{ кВт}$ ,  $n=1000\text{-}3000 \text{ мин}^{-1}$ ). Например, дизельгенераторы 0801–08011 (2Ч9,5/10), 1601–1612 (4Ч9,5/10), 3001–3012 (8Ч9,5/10); дизель-электрический агрегат 2Э-16А (4Ч8,5/11), А-01М и т.д.;

Б – средней мощности, средней быстроходности и быстроходные ( $N_e=73,6\text{-}736 \text{ кВт}$ ,  $n=500\text{-}1500 \text{ мин}^{-1}$ ). Например, газомотокомпрессор КС-550/4-64 (8Д22/22,5), автоматизированный дизель-электрический агрегат АСДА-200 (дизель 1Д12В-300), дизельгенератор ДГР 300/500-4 (6ЧН 25/34), дизель-насосная установка ДНУ 120/70

---

<sup>1</sup> для стационарных дизельных установок при проведении расчетов загрязнения атмосферы используется ПДК<sub>мр</sub> по керосину (код 2732) \*[4].

(6ЧН12/14), энергетические установки на базе дизеля ЯМЗ-238, дизельгенераторы ДГА-315,320 (6ЧН25/34), Г-72 (6ЧН36/45), КАС 315 (12ЧН18/20), КАС 630Р (12ЧН18/20), АС 630М (12ЧН18/20) и т.д.;

В – мощные, средней быстроходности ( $N_e=736\text{--}7360$  кВт,  $n=500\text{--}1000$  мин $^{-1}$ ). Например, буровой агрегат 1А-6Д49 (8ЧН26/26), 1-9ДГ (16ЧН26/26), 14ДГ (дизель 14Д40), Г-99 (6ЧН12А36/45), ПЭ-6 (12ЧН26/26), дизельгенератор ДГ-4000 (дизель 64Г базовой модели 61В-3) и т.д.;

Г – мощные, повышенной быстроходности, многоцилиндровые ( $N_e=736\text{--}7360$  кВт,  $n=1500\text{--}3000$  мин $^{-1}$ ,  $i>30$ ). Например, АСДГ-800 (42ЧСПН16/17), ДГ-2000 (56ЧСПН16/17) и т.д.

Современные требования стандартов зарубежных стран к выбросам стационарных дизельных установок существенно отличаются от требований стандартов Российской Федерации \*[2], \*[3]. Кроме того, после капитального ремонта, происходит изменение количества выбросов дизельными двигателями. В связи с тем, что в ряде организаций Российской Федерации находятся в эксплуатации как зарубежные стационарные дизельные установки, так и установки капитально отремонтированные, данные по выбросам корректируются в соответствии с указанными обстоятельствами.

### **Расчет выбросов с использованием усредненных показателей**

6. Максимальный выброс  $i$  – того вещества (г/с) стационарной дизельной установкой определяется по формуле:

$$M_i = (1/3600) \cdot e_{Mi} \cdot P_0 \quad (1)$$

$e_{Mi}$  (г/кВт·ч) – выброс  $i$  – го вредного вещества на единицу полезной работы стационарной дизельной установки на режиме номинальной мощности, определяемый по таблице 1 или таблице 2;

$P_e$  (кВт) – эксплуатационная мощность стационарной дизельной установки, значение которой берется из технической документации завода изготовителя. Если в технической документации не указывается значение эксплуатационной мощности, то в качестве  $P_e$  принимается значение номинальной мощности стационарной дизельной установки ( $N_e$ );

(1/3600) – коэффициент пересчета «час» в «сек».

Таблица 1

**Значения выбросов  $e_{Mi}$  (г/кВт·ч) для различных групп стационарных дизельных установок до капитального ремонта**

Группа	Выброс, г/кВт·ч						
	CO	NO <sub>x</sub>	CH	C	SO <sub>2</sub>	CH <sub>2</sub> O	БП
А	7,2	10,3	3,6	0,7	1,1	0,15	$1,3 \cdot 10^{-5}$
Б	6,2	9,6	2,9	0,5	1,2	0,12	$1,2 \cdot 10^{-5}$
В	5,3	8,4	2,4	0,35	1,4	0,1	$1,1 \cdot 10^{-5}$
Г	7,2	10,8	3,6	0,6	1,2	0,15	$1,3 \cdot 10^{-5}$

Таблица 2

**Значения выбросов  $e_{Mi}$  (г/кВт·ч) для различных групп стационарных дизельных установок, прошедших капитальный ремонт**

Группа	Выброс, г/кВт·ч						
	CO	NO <sub>x</sub>	CH	C	SO <sub>2</sub>	CH <sub>2</sub> O	БП
А	8,6	9,8	4,5	0,9	1,2	0,2	$1,6 \cdot 10^{-5}$
Б	7,4	9,1	3,6	0,65	1,3	0,15	$1,5 \cdot 10^{-5}$
В	6,4	8,0	3,0	0,45	1,5	0,12	$1,4 \cdot 10^{-5}$
Г	8,6	10,3	4,5	0,75	1,3	0,2	$1,6 \cdot 10^{-5}$

7. Валовый выброс  $i$  – того вещества за год (т/год) стационарной дизельной установкой определяется по формуле:

$$W_{\text{вз}} = (1/1000) \cdot q_{\text{вз}} \cdot G_t \quad (2)$$

$q_{\text{вз}}$  (г/кг.топл.) – выброс  $i$  – го вредного вещества, приходящегося на один кг дизельного топлива, при работе стационарной дизельной установки с учетом совокупности режимов, составляющих эксплуатационный цикл \*[2]; определяемый по табл. 3 или табл. 4;

$G_t$  (т) – расход топлива стационарной дизельной установкой за год (берется по отчетным данным об эксплуатации установки);

(1/1000) – коэффициент пересчета “кг” в “т”.

Таблица 3

**Значения выбросов  $q_{\text{вз}}$  (г/кг.топл.) для различных групп стационарных дизельных установок до капитального ремонта**

Группа	Выброс, г/кг · топл.						
	CO	NO <sub>x</sub>	CH	C	SO <sub>2</sub>	CH <sub>2</sub> O	БП
A	30	43	15,0	3,0	4,5	0,6	$5,5 \cdot 10^{-5}$
Б	26	40	12,0	2,0	5,0	0,5	$5,5 \cdot 10^{-5}$
В	22	35	10,0	1,5	6,0	0,4	$4,5 \cdot 10^{-5}$
Г	30	45	15,0	2,5	5,0	0,6	$5,5 \cdot 10^{-5}$

Таблица 4

**Значения выбросов  $q_{\text{вз}}$  (г/кг топл.) для различных групп стационарных дизельных установок, прошедших капитальный ремонт**

Группа	Выброс, г/кг · топл.						
	CO	NO <sub>x</sub>	CH	C	SO <sub>2</sub>	CH <sub>2</sub> O	БП
A	36	41	18,8	3,75	4,6	0,7	$6,9 \cdot 10^{-5}$
Б	31	38	15,0	2,5	5,1	0,6	$6,3 \cdot 10^{-5}$
В	26	33	12,5	1,9	6,1	0,5	$5,6 \cdot 10^{-5}$
Г	36	43	18,8	3,15	5,1	0,7	$6,9 \cdot 10^{-5}$

8. Для стационарных дизельных установок зарубежного производства, отвечающих требованиям природоохранного законодательства стран Европейского Экономического Сообщества, США, Японии, значения выбросов по табл. 1, 2, 3, 4 могут быть соответственно уменьшены по CO в 2 раза; NO<sub>2</sub> и NO в 2.5 раза; CH, C, CH<sub>2</sub>O и БП в 3.5 раза.

9. При внедрении различных природоохранных технологий (жидкостные и катализитические нейтрализаторы, сажевые фильтры, «экологически чистые» виды топлив и т.п., табл. 5), эффективность очистки отработавших газов должна быть подтверждена соответствующими данными инструментального контроля выбросов в условиях эксплуатации стационарной дизельной установки.

Таблица 5

**Сведения об эффективности природоохранных технологий**

№ п/п	Наименование технологии	Вещество	% очистки
1.	Окисление в каталитическом нейтрализаторе (активная фаза платина Pt)	CO CH C CH <sub>2</sub> O	90-95 70-80 30-50 50-60
2.	Окисление в каталитическом нейтрализаторе с принудительным разогревом реактора (активная фаза платина Pt)	CO CH C CH <sub>2</sub> O	98-100 98-100 50-60 90-95
3.	Окисление и фильтрация в регенерируемых каталитических фильтроэлементах (активная фаза платина Pt)	CO CH C CH <sub>2</sub> O	98-100 98-100 90-95 90-95
4.	Применение вододиспергированного топлива	NO <sub>x</sub> C	до 50 60-80
5.	Применение топлива с пониженным содержанием серы	SO <sub>2</sub>	До 95
6.	Восстановление NO <sub>2</sub> аммиаком в сотово-блочных катализаторах (активная фаза V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (WO <sub>3</sub> )/(TiO <sub>2</sub> ))	NO <sub>x</sub>	до 80
7.	Промывка в водных растворах (жидкостная нейтрализация)	NO <sub>x</sub> C CH <sub>2</sub> O	до 40 до 50 до 80

## **Оценки выбросов по данным технической документации завода-изготовителя и инструментального контроля**

10. При наличии, в сопровождаемой стационарную дизельную установку документации, сведений о выбросах вредных веществ в зависимости от нагрузки и частоты вращения коленчатого вала дизеля, расчеты выбросов выполняются с использованием этих данных на основе учета в течение года режимов и времени работы на них установки. При этом значения расходов отработавших газов на стационарных режимах работы установки берутся из технической документации, или рассчитываются в соответствии с нормативным документом \*[2], а для расчетов загрязнения атмосферы принимаются максимальные значения выбросов.

11. Инструментальные замеры выбросов должны выполняться на характерных, для условий реальной эксплуатации в течение года, режимах работы стационарной дизельной установки и использоваться в дальнейшем для расчета максимальных и валовых показателей выбросов аналогично п. 7 на основе учета в течение года данных по загрузке установки.

12. Допускается использовать комбинированные методы оценки выбросов стационарными дизельными установками на основе расчетов выбросов с использованием усредненных показателей и оценки выбросов по данным технической документации завода изготовителя и инструментального контроля.

## **Литература**

- \*[1]. Теория двигателей внутреннего сгорания /Под. ред. проф. д-ра техн. наук Н.Х.Дьяченко. Л., Машиностроение (Ленингр. отделение), 1974.
- \*[2]. ГОСТ Р 51249-99. Дизели судовые, тепловозные и промышленные. Выбросы вредных веществ с отработавшими газами. Нормы и методы определения. М., Издательство стандартов, 1999.
- \*[3]. ГОСТ Р 51250-99. Дизели судовые, тепловозные и промышленные. Дымность отработавших газов. Нормы и методы определения. М., Издательство стандартов, 1999.
- \*[4]. Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух. СПб, 2000.
- \*[5]. Экспериментально-расчетная оценка выбросов вредных веществ с отработавшими газами ДВС на эксплуатационных режимах работы / О.И.Демочка, В.Н.Ложкин и др. Технический отчет по НИР. СПб., НПО ЦНИТА, 1990.
- \*[6]. Жегалин О.И., Лупачев П.Д. Снижение токсичности автомобильных двигателей. М., Транспорт, 1985.
- \*[7]. Орлов Н.И., Смайлис В.И. Временные рекомендации по расчету выбросов от стационарных дизельных установок. Л., 1988.

## Приложение

к методике расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных дизельных установок

### Оценка расхода и температуры отработавших газов

Расход отработавших газов от стационарной дизельной установки в соответствии с \*[1] определяется по выражению:

$$G_{ог} = G_v \cdot \{1 + 1 / (\phi \cdot \alpha \cdot L_0)\}, \quad (П1)$$

где  $G_v$  – расход воздуха, определяемый по соотношению\*[1]:

$$G_v = (1/1000) \cdot (1/3600) \cdot (b_s \cdot P_s \cdot \phi \cdot \alpha \cdot L_0), \quad (П2)$$

где:  $b_s$  – удельный расход топлива на эксплуатационном (или номинальном) режиме работы двигателя, г/кВт·ч (берется из паспортных данных на дизельную установку);

$\phi \approx 1,18$  - коэффициент продувки;

$\alpha \approx 1,8$  - коэффициент избытка воздуха;

$L_0 \approx 14,3$  кг воздуха / кг топлива - теоретически необходимое количество кг воздуха для сжигания одного кг топлива; значение остальных коэффициентов и параметров такое же, как и в (1) и (2).

После подстановки (П2) в (П1) окончательная формула для расчета расхода отработавших газов от стационарной дизельной установки приобретает вид:

$$G_{ог} \approx 8,72 \cdot 10^{-6} \cdot b_s \cdot P_s, \text{ кг/с.} \quad (П3)$$

Объемный расход отработавших газов определяется по формуле:

$$Q_{ог} = G_{ог} / \gamma_{ог}, \text{ м}^3/\text{с,} \quad (П4)$$

где:  $\gamma_{ог}$  – удельный вес отработавших газов, рассчитываемый по формуле:

$$\gamma_{ог} = \{\gamma_{ог}(\text{при } t=0^\circ\text{C})\} / (1 + T_{ог} / 273), \text{ кг/м}^3, \quad (П5)$$

где:  $\{\gamma_{ог}(\text{при } t=0^\circ\text{C})\}$  - удельный вес отработавших газов при температуре, равной  $0^\circ\text{C}$ ; значение которого согласно \*[1], \*[6] можно принимать  $1,31 \text{ кг/м}^3$ ;

$T_{ог}$  – температура отработавших газов, К.

При организованном выбросе отработавших газов в атмосферу, на удалении от стационарной дизельной установки (высоте) до 5 м, значение их температуры можно принимать равным  $450^\circ\text{C}$ , на удалении от 5 до 10 м -  $400^\circ\text{C}$ .