

**Охрана окружающей среды и природопользование.  
Атмосферный воздух  
Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух.**

**ПОРЯДОК РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ С ОТРАБОТАВШИМИ ГАЗАМИ  
ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И  
ВОССТАНОВЛЕНИИ СКВАЖИН ДЛЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА**

**Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне.  
Атмасфернае паветра  
Выкіды забруджвальных рэчываў у атмасфернае паветра.**

**ПАРАДАК РАЗЛІКУ ВЫКІДАЎ З АДПРАЦАВАНЫМІ ГАЗАМІ  
ДЫЗЕЛЬНЫХ РУХАВІКОЎ ПРЫ БУДАЎНІЦТВЕ І  
АДНАЎЛЕННІ СВДРАВІН ДЛЯ ЗДАБЫЧЫ НАФТЫ І ГАЗУ**

*Издание официальное*

---

---



**Минприроды**

**Минск**

**Ключевые слова:** буровая установка, дизельный двигатель, определение выбросов загрязняющих веществ, отработавшие газы, строительство и восстановление скважин для добычи нефти и газа

---

### Предисловие

Цели, основные принципы, положения по государственному регулированию и управлению в области технического нормирования и стандартизации установлены Законом Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации».

Цели, основные принципы, положения по государственному регулированию и управлению техническим нормированием и стандартизацией в области охраны окружающей среды установлены Законом Республики Беларусь «Об охране окружающей среды».

1 РАЗРАБОТАН Белорусским научно-исследовательским и проектным институтом нефти (БелНИПИнефть) РУП «Производственное объединение» Белоруснефть»  
ВНЕСЕН Белорусским государственным концерном по нефти и химии

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. №

3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Настоящий технический кодекс не может быть произведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Минприроды Республики Беларусь

---

Издан на русском языке

## Содержание

1 Область применения.....	1
2 Нормативные ссылки.....	2
3 Термины и определения.....	2
4 Обеспечение единства измерений.....	4
5 Характеристика объекта как источника загрязнения атмосферного воздуха.....	5
5.1 Строительство и восстановление скважин для добычи нефти и газа.....	5
5.2 Общая характеристика буровых установок для строительства и восстановления скважин для добычи нефти и газа.....	6
6 Порядок расчета выбросов загрязняющих веществ с отработавшими газами дизельных двигателей при строительстве и восстановлении скважин для добычи нефти и газа.....	7
6.1 Определение выбросов загрязняющих веществ от дизельных двигателей по данным результатов измерений.....	7
6.2 Определение выбросов загрязняющих веществ от дизельных двигателей расчетным методом по данным организации-изготовителя.....	11
6.3 Определение выбросов загрязняющих веществ от дизельных двигателей расчётным методом с использованием усредненных показателей.....	12
6.4 Определение скорости отработавших газов расчётным методом.....	14
6.5 Комбинирование методов определения выбросов загрязняющих веществ.....	15
Приложение А (справочное) Значения парциального давления водяных паров на линии насыщения в зависимости от температуры.....	16
Приложение Б (справочное) Расчётные характеристики дизельного топлива.....	17
Приложение В (справочное) Технические характеристики дизельных двигателей.....	18
Приложение Г (справочное) Характеристика дизельных двигателей как источника загрязнения атмосферного воздуха.....	20
Приложение Д (справочное) Пример расчета определения выбросов загрязняющих веществ от дизельного двигателя по данным результатов измерений.....	22
Приложение Е (справочное) Пример расчета определения выбросов загрязняющих веществ от дизельного двигателя согласно данных организации- изготовителя.....	25
Приложение Ж (справочное) Пример расчета определения выбросов загрязняющих веществ от дизельного двигателя расчётным методом с использованием усредненных показателей.....	28
Приложение К (справочное) Пример расчета определения скорости отработавших газов.....	31
Библиография.....	32

## ТЕХНИЧЕСКИЙ КОДЕКС УСТАНОВИВШЕЙСЯ ПРАКТИКИ

---

**Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосферный воздух. ВЫБРОСЫ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ. ПОРЯДОК РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ С ОТРАБОТАВШИМИ ГАЗАМИ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ВОССТАНОВЛЕНИИ СКВАЖИН ДЛЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА**

**Ахова навакольнага асяроддзя і прыродакарыстанне. Атмасфернае паветра. ВЫКІДЫ ЗАБРУДЖВАЛЬНЫХ РЭЧЫВАЎ У АТМАСФЕРНАЕ ПАВЕТРА. ПАРАДАК РАЗЛІКУ ВЫКІДАЎ З АДПРАЦАВАНЫМІ ГАЗАМІ ДЫЗЕЛЬНЫХ РУХАВІКОЎ ПРЫ БУДАЎНІЦТВЕ І АДНАЎЛЕННІ СВДРАВІН ДЛЯ ЗДАБЫЧЫ НАФТЫ І ГАЗУ**

**Environmental Protection and Nature Use. Atmospheric air. Emissions of harmful substances into the atmospheric air. Method of calculating pollutant emissions with spent gases of diesel motors in the process of construction and recovery of wells for oil and gas production.**

---

Дата введения 2016-03-01

### 1 Область применения

*Настоящий технический кодекс установившейся практики (далее – технический кодекс) устанавливает порядок определения количественного и качественного состава выбросов загрязняющих веществ в отработавших газах дизельных двигателей при строительстве и восстановлении скважин для добычи нефти и газа инструментально - расчётными методами.*

Требования настоящего технического кодекса могут применяться для расчёта выбросов загрязняющих веществ при:

- разработке проектной документации на строительство и восстановление скважин для добычи нефти и газа;
- разработке рабочих программ при восстановлении (капитальном ремонте) скважин для добычи нефти и газа;
- проведении аналитического (лабораторного) контроля количественного и качественного состава выбросов загрязняющих веществ в отработавших газах при работе дизельных двигателей, используемых при строительстве и восстановлении скважин для добычи нефти и газа;
- проведении ведомственного и производственного контроля в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов;
- проведении оценки воздействия на окружающую среду и государственной экологической экспертизы;
- ведении первичного учёта и отчётности о воздействии загрязняющих веществ на атмосферный воздух;
- осуществлении мероприятий по охране атмосферного воздуха, предусмотренных законодательством Республики Беларусь.

Требования настоящего технического кодекса распространяются на следующие загрязняющие вещества: углерода оксид (СО, код 0337), азота оксиды, в том числе азота II оксид (NO, код 0304) и азота IV оксид (NO<sub>2</sub>, код 0301), ангидрид сернистый (серы IV оксид) (SO<sub>2</sub>, код 0330), бенз(а)пирен (C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>, код 0703), твёрдые частицы суммарно (PM, код 2902), углеводороды предельные алифатического ряда C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub> (CH, код 0401).

Издание официальное

Наименования и коды загрязняющих веществ даны в соответствии с СТБ 17.08.02-01.

## **2 Нормативные ссылки**

В настоящем техническом кодексе использованы ссылки на следующие технические нормативные правовые акты в области технического нормирования и стандартизации (далее – ТНПА):

ТКП 8.003-2011 (03220) Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Поверка средств измерений. Правила проведения работ

ТКП 17.08-01-2006 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосфера. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Порядок определения выбросов при сжигании топлива в котлах теплопроизводительностью до 25 МВт

ТКП 17.08-09-2008 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосфера Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Правила расчета выбросов от объектов магистральных газопроводов

СТБ 17.08.02-01-2009 Охрана окружающей среды и природопользование. Атмосферный воздух. Вещества, загрязняющие атмосферный воздух. Коды и перечень

СТБ 2373-2014 Установки энергетические с двигателями внутреннего сгорания. Нормы выбросов загрязняющих веществ

ГОСТ 17.2.4.06-90 Охрана природы. Атмосфера. Методы определения скорости и расхода газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения

ГОСТ 17.2.4.07-90 Охрана природы. Атмосфера. Методы определения давления и температуры газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения

ГОСТ 17.2.4.08-90 Охрана природы. Атмосфера. Методы определения влажности газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения

Примечание: При пользовании настоящим техническим кодексом целесообразно проверить действие ТНПА по каталогу, составленному по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году.

*Если ссылочные ТНПА заменены (изменены), то при пользовании настоящим стандартом, следует руководствоваться замененными (измененными) ТНПА. Если ссылочные ТНПА отменены без замены, то положение, в котором дана ссылка на них, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.*

## **3 Термины и определения и обозначения**

В настоящем техническом кодексе применяют термины, установленные в ТКП 17.08-01, а также следующие термины с соответствующими определениями:

**3.1 буровая установка:** Техническая система, включающая комплекс наземного технологического оборудования, которая, взаимодействуя с буровым инструментом и другими техническими системами, осуществляет технологический процесс строительства и восстановления скважины для добычи нефти и газа.

**3.2 валовой выброс загрязняющих веществ:** Количество загрязняющего вещества, поступающего в атмосферный воздух с дымовыми газами за рассматриваемый период (месяц, квартал, год и т.п.), тонн в период, далее в кодексе при расчете валовых выбросов используется размерность тонн в год и для вычисления выбросов за другой

рассматриваемый период в формулы необходимо подставлять значения параметров за данный период.

**3.3 источник выделения загрязняющего вещества (источник выделения):** Технологическое и иное оборудование, машины, механизмы, в которых происходит образование и от которых происходит выделение загрязняющих веществ, либо технологические процессы, при осуществлении которых происходят образование и выделение загрязняющих веществ.

**3.4 концентрация загрязняющего вещества в сухих отработавших газах, мг/м<sup>3</sup>:** Концентрация вещества, измеренная в выхлопной трубе дизельного двигателя, пересчитанная на сухой отработавший газ, приведённая к условному коэффициенту избытка воздуха  $\alpha_0=3,5$  и нормальным условиям, миллиграмм на нормальный метр кубический.

**3.5 максимальный выброс загрязняющего вещества, г/с:** Максимальное количество загрязняющего вещества, поступающего в атмосферный воздух с отработавшими газами в единицу времени, грамм в секунду.

**3.6 номинальная мощность:** Механическая мощность на выходном валу двигателя в условиях стендовых испытаний при номинальной частоте вращения коленвала и полной подаче топлива.

**3.7 нормальные условия:** Физические условия, характеризующие состояния газов при температуре 273 К (0 °С) и давлении 101,3 кПа, при которых объем 1 моля идеального газа равен 22,4 дм<sup>3</sup>.

**3.8 нормальный метр кубический, м<sup>3</sup>:** Единица объема газовой среды, приведенная к нормальным условиям.

**3.9 объём сухих отработавших газов, м<sup>3</sup>/с (тыс.м<sup>3</sup>/год):** Количество сухих отработавших газов, образующихся при полном сгорании топлива, приведённое к нормальным условиям и к условному коэффициенту избытка воздуха  $\alpha_0=3,5$ , нормальный метр кубический в секунду (тысяч нормальных метров кубических в год).

**3.10 расход топлива, кг/с (т/год):** Количество израсходованного топлива в единицу времени; при расчёте максимальных выбросов используется расход топлива дизельным двигателем в режиме максимального отбора мощности, килограмм в секунду; при расчёте валовых выбросов используются значения фактического за рассматриваемый период или планируемого на перспективу расхода топлива, тонн в год.

**3.11 режим максимального отбора мощности:** Режим работы дизельного двигателя, при котором он развивает максимальную мощность в рассматриваемый период его эксплуатации. Одновременная продолжительность данного режима должна составлять не менее 20 мин.

**3.12 теоретический объём воздуха, м<sup>3</sup>/кг:** Количество воздуха, теоретически необходимое для полного сгорания одного килограмма топлива, нормальный метр кубический на килограмм топлива.

**3.13 топливо:** Жидкий горючий материал, используемый для сжигания в дизельных двигателях, использующихся при строительстве и восстановлении скважин для добычи нефти и газа.

**3.14 удельный показатель выброса:** Усредненный показатель массы загрязняющего вещества, выбрасываемого в атмосферный воздух источниками загрязнения, обусловленный современным уровнем развития техники и технологии, в расчёте на единицу мощностных, энергетических и материальных характеристик продукции, полученной при данном технологическом процессе, определённый на основании инструментальных измерений, материальных балансов, аналитических расчётов.

**3.15 удельный расход топлива, г/(кВт·ч):** Расход топлива на единицу выработанной энергии, грамм топлива на киловатт-час.

#### 4 Обеспечение единства измерений

**4.1** Измерения в области охраны окружающей среды проводятся испытательными лабораториями (центрами), аккредитованными в порядке, установленном законодательством Республики Беларусь об оценке соответствия объектов требованиям ТНПА, и осуществляющими деятельность в соответствии с законодательством Республики Беларусь в области обеспечения единства измерений.

**4.2** При выборе измерительного сечения в газоходе должны соблюдаться требования ГОСТ 17.2.4.06, ГОСТ 17.2.4.07 и настоящего технического кодекса.

**4.3** Отбор проб при работе дизельного двигателя осуществляется в сечении за шумопоглощающим устройством на прямом участке выхлопной трубы (при наличии двух выхлопных труб у одного двигателя – в каждой трубе с последующим усреднением).

**4.4** Суммарный объём отработавших газов  $V$ , м<sup>3</sup>/с, определяется по формуле:

$$V = V_1 + V_2, \quad (1)$$

где  $V_1$ ,  $V_2$  – объёмы отработавших газов, отходящие из выхлопных труб, м<sup>3</sup>/с.

**4.5** Средняя концентрация загрязняющих веществ в отработавших газах  $c_j$ , мг/м<sup>3</sup>, определяется по формуле:

$$c_j = \frac{c_{j_1} \cdot V_1 + c_{j_2} \cdot V_2}{V}, \quad (2)$$

где  $c_{j_1}$ ,  $c_{j_2}$  – концентрации  $j$ -го загрязняющего вещества в отработавших газах, отходящих из выхлопных труб, мг/м<sup>3</sup>;

$V$ ,  $V_1$ ,  $V_2$  – то же, что в формуле (1).

**4.6** Скорость и расход газопылевых потоков измеряются по ГОСТ 17.2.4.06.

**4.7** Давление и температура газопылевых потоков измеряются по ГОСТ 17.2.4.07.

**4.8** Влажность газопылевых потоков измеряется по ГОСТ 17.2.4.08.

**4.9** Концентрация загрязняющих веществ в отработавших газах измеряется в соответствии с [1] - [5].

**4.10** При измерениях соблюдается принцип единства измерений посредством приведения измеряемых величин к сопоставимым условиям по избытку воздуха (условному коэффициенту избытка воздуха  $\alpha_0 = 3,5$ ), по влажности (пересчёт на сухой газ) и к нормальным условиям.

Приведение к сопоставимым условиям производится для измеренных концентраций загрязняющих веществ и объема отработавших газов, полученных в разное время или в различных местах газоходов.

**4.11** Соблюдение норм выбросов необходимо проверять посредством непрерывных или дискретных измерений на основании метрологически аттестованных и допущенных к использованию методик выполнения измерений при помощи средств измерений, прошедших государственный метрологический надзор и метрологический контроль в порядке, установленном законодательством.

Соблюдение норм выбросов достигается при выполнении условий, установленных в п. 4.4, 4.5 СТБ 2373.

При определении выбросов загрязняющих веществ с использованием измерений для расчёта максимальных выбросов загрязняющих веществ выбирается максимальное

значение концентрации конкретного вещества из не менее девяти измеренных значений за три 20-минутных интервала времени, полученных при работе дизельного двигателя на номинальной мощности в течении одного часа его работы.

## **5 Характеристика объекта как источника загрязнения атмосферного воздуха**

### **5.1 Строительство и восстановление скважин для добычи нефти и газа**

Производственная деятельность предприятий по добыче нефти и газа связана со строительством (бурением) и восстановлением (капитальным ремонтом) скважин. Нефтяная и (или) газовая скважина представляет собой горную выработку круглого сечения диаметром 75—508 мм, предназначенную для добычи нефти и попутного газа либо поисков и разведки новых месторождений.

Для строительства и восстановления нефтяных и (или) газовых скважин используются стационарные буровые установки, представленные агрегатами блочно-модульного исполнения, имеющие сокращенные сроки монтажа. Это комплексы производства США, Канады, Румынии, России, Беларуси, оснащенные 4-х-ступенчатой системой очистки бурового раствора.

Состав узлов буровой установки, их конструкция определяется глубиной скважины, условиями и способом бурения.

Буровая установка для строительства и восстановления скважин для добычи нефти и газа в общем виде включает:

- буровые сооружения (буровая вышка, основание вышки, мостки, стеллажи);
- спускоподъемное оборудование (лебёдка, кронблок, крюкоблок);
- силовое оборудование для привода лебёдки, ротора и буровых насосов (двигатели дизельные или электрические), оборудование для вращения буровой колонны (ротор, система верхнего привода);
- оборудование циркуляционной системы (ёмкости, буровые насосы, манифольд, вертлюг);
- оборудование для очистки бурового раствора от выбуренной породы (вибросита, пескоотделители, илоотделители, центрифуги);
- оборудование для приготовления бурового раствора (гидроворонки, гидромешалки, шламовые насосы);
- противовыбросовое оборудование (превенторы), привышечные сооружения (склад горюче-смазочных материалов).

Все буровые установки комплектуются приводом главных механизмов (дизельный с механической трансмиссией или дизель-электрический частотно-регулируемый).

*Строительство и восстановление скважин для добычи нефти и газа состоит из следующих основных операций:*

- спуск буровых труб с долотом в скважину до забоя;
- работа долота на забое (т.е. разрушение породы бурения);
- подъём буровых труб с отработанным долотом из скважины.

*Работа долота на забое является основным процессом строительства и восстановления скважин. На данном режиме происходит максимальное потребление мощности, развиваемой дизельными двигателями, входящими в состав буровой установки. Данный режим характеризуется работой дизельных двигателей без изменения величины развиваемой мощности (либо достаточно плавным её изменением), что обеспечивает при проведении инструментальных измерений*

выбросов загрязняющих веществ соблюдение требований  
ГОСТ 17.2.4.07, ГОСТ 17.2.4.08, [1], [5].

ГОСТ 17.2.4.06,

*Режимы спуска и подъёма бурильных труб характеризуются меньшими (по сравнению с процессом работы долота на забое) затратами мощности дизельных двигателей, а также значительными колебаниями мощности в малые промежутки времени, что не позволяет соблюсти необходимые условия при проведении инструментальных измерений выбросов загрязняющих веществ.*

*Для целей настоящего технического кодекса принято, что определение выбросов загрязняющих веществ в отработавших газах дизельных двигателей при строительстве и восстановлении скважин для добычи нефти и газа по данным результатов измерений проводится в режиме работы долота буровой установки на забое.*

## **5.2 Общая характеристика буровых установок для строительства и восстановления скважин для добычи нефти и газа**

Для строительства и восстановления нефтяных и (или) газовых скважин используются буровые установки, оснащенные дизельными агрегатами, мощностью от 0,1 до 1,05 МВт.

### **5.2.1 Буровые установки, предназначенные для бурения скважин глубиной до 5 тысяч метров**

Данный тип представлен буровыми установками грузоподъемностью 320 т, конструктивной особенностью которых является дизельный привод основных агрегатов. Привод лебедки, ротора и одного бурового насоса осуществляется группой из 3-х силовых агрегатов с дизелями типа Wola 24ANF, Caterpillar C-15 и др. Привод второго насоса - индивидуальный от 2-х силовых агрегатов с дизелями типа Wola 24ANF, Caterpillar C-15 и др. мощностью от 0,3 до 0,4 МВт.

Источником выработки и распределения электроэнергии напряжением 380/220 В переменного тока служат дизельные электростанции мощностью от 0,15 до 0,4 МВт.

### **5.2.2 Буровые установки, предназначенные для бурения скважин глубиной более 5 тысяч метров**

Данный тип представлен буровыми установками грузоподъемностью 350-450 т. Конструктивной особенностью данных установок является частотно-регулируемый электрический привод. Выработка электроэнергии осуществляется электросиловыми модулями типа Caterpillar 3512B, KTA50G3 Cummins и др. мощностью 1,05 МВт и более и вспомогательными (резервными) дизель-генераторными станциями, мощностью 0,3 – 0,4 МВт.

### **5.2.3 Буровые установки для восстановления нефтяных и(или) газовых скважин**

Для восстановления нефтяных и(или) газовых скважин используются буровые установки грузоподъемностью 80-200 т на автомобильном шасси, оснащенные ходовыми дизельными двигателями Caterpillar C-15, ЯМЗ-238 и др., мощностью от 0,1 до 0,4 МВт.

## 6 Порядок расчета выбросов загрязняющих веществ с отработавшими газами дизельных двигателей при строительстве и восстановлении скважин для добычи нефти и газа

### 6.1 Определение выбросов загрязняющих веществ от дизельных двигателей по данным результатов измерений

6.1.1 Максимальный выброс  $j$ -го загрязняющего вещества, поступающего в атмосферный воздух с отработавшими газами  $M_j$ , г/с, определяется по формуле:

$$M_j = c_j \cdot V_{dry} \cdot 10^{-3}, \quad (3)$$

где  $c_j$  – максимальная концентрация  $j$ -го загрязняющего вещества в сухих отработавших газах при работе дизельного двигателя<sup>1)</sup>, мг/м<sup>3</sup>; определяется в зависимости от типа средства измерения и рассчитывается при индикации значений в массовых единицах в соответствии с п.6.1.3, при индикации значений в объёмных единицах в соответствии с п.6.1.4. При этом содержание загрязняющих веществ в отходящих газах должно соответствовать нормам, установленным в СТБ 2373;

$V_{dry}$  – объём сухих отработавших газов, м<sup>3</sup>/с, определяемый по одному из двух вариантов:

- а) согласно 6.1.5 по измеренной скорости потока и площади сечения газотока;
- б) согласно 6.1.6 по известному расходу и химическому составу сжигаемого топлива.

6.1.2 В случае, если максимальная концентрация  $j$ -го загрязняющего вещества в сухих отработавших газах дизельного двигателя  $c_j$  превышает норму выбросов, установленную в СТБ 2373, то для данных двигателей устанавливается временный норматив допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в соответствии с СТБ 2373.

6.1.3 Концентрация  $j$ -го загрязняющего вещества в отработавших газах  $c_j$ , мг/м<sup>3</sup>, при индикации значений в массовых единицах определяется по формуле:

$$c_j = \frac{c_j^{meas}}{\left(1 - \frac{P_{H_2O}}{P_b}\right)} \cdot \left(\frac{273 + t_g}{273}\right) \cdot \left(\frac{101,3}{P_b + \Delta P}\right) \cdot \frac{\alpha}{3,5}, \quad (4)$$

где  $c_j^{meas}$  – измеренная массовая концентрация  $j$ -го загрязняющего вещества в отработавших газах, мг/м<sup>3</sup>;

$P_b$  – барометрическое давление воздуха в момент проведения измерений, кПа;

$\Delta P$  – избыточное давление газов в месте отбора пробы, кПа;

$t_g$  – температура отработавших газов, при которой проведены измерения, °С;

<sup>1)</sup> Максимальная концентрация загрязняющего вещества в сухих отработавших газах при работе дизельного двигателя в режиме максимального отбора мощности определяется как максимальное значение из серии значений концентраций, полученных при испытаниях выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в соответствии с п. 4.11.

$P_{H_2O}$  - парциальное давление водяных паров на линии насыщения при температуре  $t_g$ , кПа, определяемое по таблице А.1 Приложения А. При отборе отработавшего газа на анализ с осушкой пробы  $P_{H_2O} = 0$ ;

$\alpha$  – коэффициент избытка воздуха в месте отбора пробы, определяемый в соответствии с 6.1.3.1.

**6.1.3.1** Коэффициент избытка воздуха в месте отбора пробы  $\alpha$  определяется по формуле:

$$\alpha = \frac{21}{21 - O_2}, \quad (5)$$

где  $O_2$  – измеренная концентрация кислорода в месте отбора пробы отработавших газов, %.

**6.1.4** При индикации значения концентрации  $j$ -го загрязняющего вещества (кроме бенз(а)пирена, твёрдых частиц суммарно, углеводородов предельных алифатического ряда  $C_1$ - $C_{10}$ ) в объёмных единицах,  $c_j$ , мг/м<sup>3</sup> рассчитывается по формуле:

$$c_j = \frac{I_j}{\left(1 - \frac{P_{H_2O}}{P_b}\right)} \cdot \rho_j \cdot \frac{\alpha}{3,5}, \quad (6)$$

где  $I_j$  – измеренная объёмная концентрация  $j$ -го загрязняющего вещества<sup>1)</sup> в отработавших газах, одна миллионная доля объёма, ppm (1 ppm=0,0001 % об.);

$P_{H_2O}$ ,  $P_b$ ,  $\alpha$  - то же, что в формуле (4);

$\rho_j$  – переводной коэффициент для  $j$ -го загрязняющего вещества при нормальных условиях, мг/м<sup>3</sup>; величина постоянная. Значения коэффициентов для основных газообразных загрязняющих веществ, содержащихся в выбрасываемых в атмосферный воздух отработавших газах дизельного двигателя, приведены ниже:

$$\rho_{CO} = 1,25 \text{ мг/м}^3;$$

$$\rho_{NO} = 1,34 \text{ мг/м}^3;$$

$$\rho_{NO_2} = 2,05 \text{ мг/м}^3;$$

$$\rho_{SO_2} = 2,86 \text{ мг/м}^3.$$

**6.1.5** Объём сухих отработавших газов, образующихся при полном сгорании топлива,  $V_{dry}$ , м<sup>3</sup>/с, определяется по формуле:

$$V_{dry} = \frac{V \cdot 3,5 \cdot k \cdot 273,15 \cdot (P_b + \Delta P_j)}{\alpha \cdot (273,15 + t_g) \cdot 101,3}, \quad (7)$$

где  $V$  – объём отработавших газов, м<sup>3</sup>/с, рассчитанный в соответствии с ГОСТ 17.2.4.06;

$k$  – отношение объёма сухих и влажных продуктов сгорания, значения которого для основных видов топлива, приведены в таблице Б.1 (приложение Б);

<sup>1)</sup> Для расчёта максимальных и валовых выбросов NO и NO<sub>2</sub> сначала производят пересчёт измеренных объёмных концентраций NO и NO<sub>2</sub> в азота оксиды (NO<sub>x</sub>), затем осуществляют перевод NO<sub>x</sub> в массовые единицы путем умножения значения NO<sub>x</sub> на коэффициент 2,05, а затем рассчитанные по формуле суммарные выбросы NO<sub>x</sub> разделяют на составляющие с учётом формул (16) и (17).

$P_b, \Delta P, \alpha, t_g$  – то же, что в формуле (4).

**6.1.6** Объём сухих отработавших газов, образующихся при полном сгорании топлива,  $V_{dry}$ , м<sup>3</sup>/с, определяется по известному расходу сжигаемого топлива по формуле:

$$V_{dry} = B_s \cdot V_{dry}^{3,5} = B_s \cdot (V_{RO_2} + V_{N_2}^0 + 2,5 \cdot V^0), \quad (8)$$

где  $B_s$  – расчётный расход топлива, кг/с, определяемый в соответствии с п.6.1.7;

$V_{dry}^{3,5}$  – теоретический объём сухих отработавших газов, образующихся при полном сжигании одного килограмма топлива, м<sup>3</sup>/кг, определяемый в соответствии с таблицей Б.1 (приложение Б);

$V_{RO_2}$  – теоретический объём трёхатомных газов, образующийся при полном сжигании одного килограмма топлива, м<sup>3</sup>/кг, определяемый в соответствии с п.6.1.6.2 с учётом п.6.1.6.1;

$V_{N_2}^0$  – теоретический объём азота, образующийся при полном сжигании одного килограмма топлива, м<sup>3</sup>/кг, определяемый в соответствии с п.6.1.6.3 с учётом п.6.1.6.1;

$V^0$  – теоретический объём воздуха, необходимый для полного сгорания одного килограмма топлива, м<sup>3</sup>/кг, определяемый в соответствии с п.6.1.6.4 с учётом п.6.1.6.1.

**6.1.6.1** Значения  $V_{dry}^{3,5}$ ,  $V_{RO_2}$ ,  $V_{N_2}^0$ ,  $V^0$ , рассчитанные по химическому составу сжигаемого топлива, могут приниматься по справочным данным. Для основных видов эти показатели приведены в таблице Б.1 (приложение Б). При использовании топлива с отличными характеристиками (влажность и (или) зольность) от указанных в таблице Б.1, а также при использовании другого, не указанного в таблице Б.1 топлива, необходимо производить пересчёт  $V_{dry}^{3,5}$  и  $Q_i^r$  в соответствии с п.6.1.6.5.

**6.1.6.2** Теоретический объём трёхатомных газов, полученный при полном сжигании одного килограмма топлива  $V_{RO_2}$ , м<sup>3</sup>/кг, определяется по формуле:

$$V_{RO_2} = 1,866 \cdot \frac{C^r + 0,375 \cdot S^r}{100}, \quad (9)$$

где  $C^r$ ,  $S^r$  – содержание углерода и серы соответственно в рабочей массе топлива, %.

**6.1.6.3** Теоретический объём азота, полученный при полном сжигании одного килограмма топлива  $V_{N_2}^0$ , м<sup>3</sup>/кг, определяется по формуле:

$$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot V^0 + 0,8 \cdot \frac{N^r}{100}, \quad (10)$$

где  $N^r$  – содержание азота в рабочей массе топлива, %;

$V^0$  – теоретический объём воздуха, необходимый для полного сгорания одного килограмма топлива, м<sup>3</sup>/кг, определяемый в соответствии с п.6.1.6.4.

**6.1.6.4** Теоретический объём воздуха, необходимый для полного сгорания одного килограмма топлива  $V^0$ , м<sup>3</sup>/кг, определяется по формуле:

$$V^0 = 0,0899 \cdot (C^r + 0,375 \cdot S^r) + 0,265 \cdot H^r - 0,033 \cdot O^r, \quad (11)$$

где  $C^r$ ,  $S^r$ ,  $H^r$ ,  $O^r$  – содержание углерода, серы, водорода и кислорода соответственно в рабочей массе топлива, %.

**6.1.6.5** Значения  $C^r$ ,  $S^r$ ,  $H^r$ ,  $O^r$  для основных видов топлива приведены в таблице Б.1 (приложение Б). При использовании топлива с отличными от указанных в таблице

Б.1 характеристиками (влажность и (или) зольность) производится пересчёт объёма  $V_{dry}^{3,5}$  с влажности  $W_1^r$  и зольности  $A_1^r$  на влажность  $W_2^r$  и зольность  $A_2^r$  путем умножения на отношение:

$$\frac{100 - W_2^r - A_2^r}{100 - W_1^r - A_1^r}, \quad (12)$$

где  $W_1^r$  и  $A_1^r$  – влажность и зольность соответственно, которые указаны для данного вида топлива в таблице Б.1 (приложение Б);

$W_2^r$  и  $A_2^r$  – фактическая влажность и зольность соответственно, указанные в паспортах, сертификатах качества, протоколах испытаний топлива.

При изменении влажности и (или) зольности топлива также изменяется и низшая рабочая теплота сгорания топлива:

$$Q_2^r = (Q_1^r + 0,0251 \cdot W_1^r) \cdot \frac{100 - W_2^r - A_2^r}{100 - W_1^r - A_1^r} - 0,0251 \cdot W_2^r, \quad (13)$$

где  $Q_1^r$  – низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг, указанная для данного вида топлива в таблице Б.1 (приложение Б);

$W_1^r$ ,  $W_2^r$ ,  $A_1^r$ ,  $A_2^r$  – то же, что в формуле (12).

**6.1.7** Расчётный расход топлива  $B_s$ , кг/с, определяется по формуле:

$$B_s = \frac{b \cdot N}{3,6 \cdot 10^6} \cdot \frac{Q_p^r}{Q_i^r}, \quad (14)$$

где  $N$  – мощность, развиваемая дизельным двигателем, кВт, для которой производится расчёт  $B_s$ ;

$b$  – удельный расход топлива двигателем, г/(кВт·час). Значение указывается организацией-изготовителем в сопроводительной документации к дизельному двигателю. Для некоторых дизельных двигателей эти показатели приведены в таблице В.1 (приложение В);

$Q_p^r$  – низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг, для которого указано значение  $b$ ;

$Q_i^r$  – низшая рабочая теплота сгорания топлива, МДж/кг, используемого в дизельном двигателе.

**6.1.8** Для определения мощности, развиваемой дизельным двигателем  $N$ , кВт, используется формула:

$$N = \frac{V_{dry} \cdot 3,6}{V_{dry}^{3,5} \cdot b} \cdot 10^6, \quad (15)$$

где  $V_{dry}$  – объём сухих отработавших газов, образующихся при работе дизельного двигателя, м<sup>3</sup>/с, определяется по формуле (7);

$V_{dry}^{3,5}$  – то же, что в формуле (8);

$b$  – то же, что в формуле (14).

**6.1.9** С учётом трансформации азота оксида в атмосферном воздухе выбросы азота оксида и азота диоксида определяются по следующим формулам:

$$M_{NO_2} = K_{TR} \cdot M_{NO_x}, \quad (16)$$

$$M_{NO} = 0,65 \cdot (1 - K_{TR}) \cdot M_{NO_x}, \quad (17)$$

где  $M_{NO_2}$  – выброс азота диоксида, поступающего в атмосферный воздух с отработавшими газами, г/с (т/год);

$M_{NO}$  – выброс азота оксида, поступающего в атмосферный воздух с отработавшими газами, г/с (т/год);

$M_{NO_x}$  – выброс азота оксидов в пересчёте на  $NO_2$ , поступающих в атмосферный воздух с отработавшими газами, г/с (т/год);

$K_{TR}$  – коэффициент трансформации азота оксидов в азота диоксид согласно ТКП 17.08-09, при расчёте массовых выбросов  $K_{TR} = 0,7$ ; при расчёте валовых выбросов  $K_{TR} = 0,6$ ;

0,65 – отношение молекулярных масс азота оксида и азота диоксида.

**6.1.10** Валовой выброс  $j$ -го загрязняющего вещества, поступающего в атмосферный воздух с отработавшими газами  $M_j^{te}$ , т/год, определяется по формуле:

$$M_j^{te} = 0,85 \cdot c_j \cdot V_{dry}^{te} \cdot 10^{-6}, \quad (18)$$

где  $c_j$  – то же, что в формуле (3);

0,85 – коэффициент, учитывающий отношение значений средней концентрации загрязняющих веществ к максимальной концентрации загрязняющих веществ за период работы дизельного двигателя при строительстве и восстановлении скважин для добычи нефти и газа;

$V_{dry}^{te}$  – объём сухих отработавших газов, образующихся при полном сгорании топлива, тыс.м<sup>3</sup>/год.

**6.1.11** Объём сухих отработавших газов, образующихся при полном сгорании топлива,  $V_{dry}^{te}$ , тыс.м<sup>3</sup>/год, определяется по формуле:

$$V_{dry}^{te} = B_s^{te} \cdot V_{dry}^{3,5} = B_s^{te} \cdot (V_{RO_2}^0 + V_{N_2}^0 + 2,5 \cdot V^0), \quad (19)$$

где  $B_s^{te}$  – расход топлива дизельным двигателем, соответствующий фактическому расходу топлива при различных мощностях, т/год;

$V_{dry}^{3,5}$ ,  $V_{RO_2}^0$ ,  $V_{N_2}^0$ ,  $V^0$  – то же, что в формуле (8).

**6.1.12** Пример расчета выбросов загрязняющих веществ от дизельных двигателей по данным результатов измерений приведен в приложении Д.

## **6.2 Определение выбросов загрязняющих веществ от дизельных двигателей расчетным методом по данным организации-изготовителя**

**6.2.1** Количественные и качественные характеристики выбросов загрязняющих веществ в отработавших газах, объёмы отработавших газов, содержание кислорода в отработавших газах определяются на основании данных, содержащихся в сертификатах, паспортах, технических условиях на дизельный двигатель.

**6.2.2** При наличии сведений о характеристиках выбросов загрязняющих веществ в

сопроводительной документации к дизельному двигателю, расчёты выбросов выполняются с использованием этих данных. Расчёт максимальных выбросов загрязняющих веществ производится согласно п.6.1.1, расчёт валовых выбросов загрязняющих веществ за рассматриваемый период производится согласно п.6.1.9. В расчётах используются значения  $V_{dry}$  и  $c_j$ , указанные в документации организации-изготовителя.

**6.2.3** Если в документации организации-изготовителя на данный тип дизельного двигателя значения концентраций загрязняющих веществ в отработавших газах указаны для условий, отличных от нормальных, то необходимо произвести пересчёт данных концентраций по формуле:

$$c_j = c_j^P \frac{\alpha^P}{3,5} \frac{273,15+t^P}{273,15} \frac{101,3}{P^P} \frac{1}{k}, \quad (20)$$

где  $c_j^P$  – значение концентрации  $j$ -го загрязняющего вещества в отработавших газах, мг/м<sup>3</sup>, указанное для условий, отличных от нормальных, содержащееся в сертификатах, паспортах, технических условиях на данный тип дизельного двигателя, которое устанавливается организацией-изготовителем;

$\alpha^P$  – коэффициент избытка воздуха в отработавших газах, при котором указано значение  $c_j^P$ ; определяется по формуле (5);

$t^P$  – температура отработавших газов, при которой указано значение  $c_j^P$ , °С;

$P^P$  – давление отработавших газов, при котором указано значение  $c_j^P$ , кПа;

$k$  – то же, что в формуле (7). В случае, если концентрация загрязняющих веществ  $c_j^P$  указана в объёме сухих отработавших газов, то  $k = 1$ .

**6.2.4** В случае, если значения концентраций загрязняющих веществ в отработавших газах дизельного двигателя, рассчитанных в п.6.2.3, превышают нормы выбросов, установленные в СТБ 2373, то для данных двигателей устанавливается временный норматив допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в соответствии с СТБ 2373.

**6.2.5** Если в документации организации-изготовителя на данный тип дизельного двигателя значение объёма отработавших газов указано для условий, отличных от нормальных, то необходимо произвести пересчёт данного значения объёма  $V_{dry}$  по формуле:

$$V_{dry} = V^P \frac{3,5}{\alpha^{PO}} \frac{273,15}{273,15+t^{PO}} \frac{P^{PO}}{101,3} \cdot k, \quad (21)$$

где  $V^P$  – значение объёма отработавших газов, м<sup>3</sup>/с, указанное для условий, отличных от нормальных, содержащееся в сертификатах, паспортах, технических условиях на данный тип дизельного двигателя, которое устанавливается организацией-изготовителем;

$\alpha^{PO}$  – коэффициент избытка воздуха в отработавших газах, при котором указано значение  $V^P$ ;

$t^{PO}$  – температура отработавших газов, при которой указано значение  $V^P$ , °С;

$P^{PO}$  – давление отработавших газов, при котором указано значение  $V^P$ , кПа;

$k$  – то же, что в формуле (7). В случае, если  $V^P$  указан как объём сухих отработавших газов, то  $k = 1$ .

**6.2.6** При отсутствии в сертификатах, паспортах, технических условиях организации-изготовителя информации об объёме отработавших газов для данного двигателя, расчёт объёма отработавших газов проводится согласно п.6.1.6.

**6.2.7** Пример расчета выбросов загрязняющих веществ от дизельных двигателей согласно данных организации-изготовителя приведен в приложении Е.

### **6.3 Определение выбросов загрязняющих веществ от дизельных двигателей расчётным методом с использованием усредненных показателей**

**6.3.1** Максимальный выброс  $j$ -ого загрязняющего вещества дизельным двигателем  $M_j$ , г/с, определяется по формуле:

$$M_j = \left(1 - \frac{\eta_j}{100}\right) \cdot \frac{e_j \cdot N_e^F}{3600} \cdot \frac{1}{f_j}, \quad (22)$$

где  $e_j$  – выброс  $j$ -го загрязняющего вещества на единицу полезной работы, вырабатываемой дизельным двигателем на режиме номинальной мощности, г/кВт·ч, определяемый по таблице Г.2 для различных групп дизельных двигателей до проведения капитального ремонта и таблице Г.3 для различных групп дизельных двигателей после проведения капитального ремонта (приложение Г). Группа дизельных двигателей определяется по таблице Г.1 (приложение Г) [6];

$N_e^F$  – мощность дизельного двигателя в режиме максимального отбора мощности, кВт. При отсутствии данных о значении мощности дизельного двигателя в режиме максимального отбора мощности в качестве  $N_e^F$  принимается значение номинальной мощности дизельного двигателя  $N_e$  (значение указывается организацией-изготовителем в сопроводительной документации к дизельному двигателю). Для некоторых дизельных двигателей этот показатель приведен в таблице В.1 (приложение В);

$\eta_j$  – степень очистки загрязняющих веществ, % (таблица Г.6 приложения Г). Эффективность очистки отработавших газов должна быть подтверждена соответствующими сертификатами на газоочистное оборудование либо данными инструментального контроля выбросов в условиях эксплуатации дизельного двигателя [3];

$f_j$  – коэффициент снижения выбросов. Для дизельных двигателей, отвечающих требованиям природоохранного законодательства стран Европейского Экономического Сообщества, США (значения удельных показателей выбросов соответствуют нормам EPA Tier 2, EU Stage II):

$$f_{SO_2} = 1;$$

$$f_{CO} = 2;$$

$$f_{NO_2}, f_{NO} = 2;$$

$$f_{CH}, f_{PM}, f_{C_{20}H_{12}} = 3,5.$$

Для дизельных двигателей, не отвечающих требованиям природоохранного законодательства стран Европейского Экономического Сообщества, США (значения удельных показателей выбросов не соответствуют нормам EPA Tier 2, EU Stage II):

$$f_j = 1.$$

**6.3.2** Определение концентрации выбросов  $j$ -ого загрязняющего вещества от дизельных двигателей  $c_j$ , мг/м<sup>3</sup>, определяется по формуле:

$$c_j = \frac{M_j \cdot 1000}{V_p}, \quad (23)$$

где  $c_j$  – значение концентрации  $j$ -го загрязняющего вещества в отработавших газах, мг/м<sup>3</sup>;

$M_j$  – то же, что в формуле (22);

$V_p$  – то же, что в формуле (26).

**6.3.3** В случае, если значения концентраций загрязняющих веществ в отработавших газах дизельного двигателя, рассчитанных в п.6.3.2, превышают нормы выбросов, установленные в СТБ 2373, то для данных двигателей устанавливается временный норматив допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в соответствии с СТБ 2373.

**6.3.4** Валовой выброс  $j$ -ого загрязняющего вещества дизельным двигателем  $M_j^{te}$ , т/год, определяется по формуле:

$$M_j^{te} = \left(1 - \frac{\eta_j}{100}\right) \cdot \frac{q_j \cdot B_s^{te}}{1000} \cdot \frac{1}{f_j}, \quad (24)$$

где  $q_j$  – выброс  $j$ -го загрязняющего вещества, приходящийся на один кг дизельного топлива, при работе дизельного двигателя с учётом совокупности режимов, составляющих эксплуатационный цикл, г/кг, определяемый по таблице Г.4 для различных групп дизельных двигателей до проведения капитального ремонта и таблице Г.5 для различных групп дизельных двигателей после проведения капитального ремонта (приложение Г). Группа дизельных двигателей определяется по таблице Г.1 (приложение Г) [6];

$B_s^{te}$  – то же, что в формуле (19);

$\eta_j, f_j$  – то же, что в формуле (22).

**6.3.5** Пример расчета выбросов загрязняющих веществ от дизельных двигателей расчетным методом с использованием усредненных показателей приведен в приложении Ж.

#### **6.4 Определение скорости отработавших газов расчётным методом**

**6.4.1** Скорость отработавших газов в газоходе дизельного двигателя  $v$ , м/с, определяется по формуле:

$$v = \frac{4 \cdot V_p}{3,14 \cdot d^2}, \quad (25)$$

где  $V_p$  – объем отработавших газов в газоходе дизельного двигателя, м<sup>3</sup>/с, определяется по формуле (25);

$d$  – диаметр газохода, м.

**6.4.2** Объем отработавших газов в газоходе дизельного двигателя  $V_p$ , м<sup>3</sup>/с, определяется по формуле:

$$V_p = V_{dry}^{3,5} \cdot B_s \cdot \frac{\alpha_{OG}}{3,5} \cdot \frac{273,15 + t_{OG}}{273,15} \cdot \frac{101,3}{101,3 + \Delta P_{OG}} \cdot \frac{1}{k}, \quad (26)$$

где  $k$  – то же, что в формуле (7);

$V_{dry}^{3,5}$ ,  $B_s$  – то же, что в формуле (8);

$\alpha_{OG}$  – коэффициент избытка воздуха в отработавших газах в газоходе дизельного двигателя. В случае отсутствия данных о коэффициенте избытка воздуха для определения объема отработавших газов принимается значение:

при работе двигателя на нагрузке от 0 до 10 % от номинальной мощности  $\alpha_{OG} = 3,5$ ;

при работе двигателя на нагрузке от 10 до 50 % от номинальной мощности  $\alpha_{OG} = 2,7$ ;

при работе двигателя на нагрузке от 50 до 100 % от номинальной мощности  $\alpha_{OG} = 2,1$ ;

$\Delta P_{OG}$  – избыточное давление отработавших газов в газоходе дизельного двигателя, кПа. В случае отсутствия данных об избыточном давлении для определения объема отходящих газов принимается значение:

при работе двигателя на нагрузке от 0 до 10 % от номинальной мощности  $\Delta P_{OG} = 0,3$  кПа;

при работе двигателя на нагрузке от 10 до 50 % от номинальной мощности  $\Delta P_{OG} = 1,5$  кПа;

при работе двигателя на нагрузке от 50 до 100 % от номинальной мощности  $\Delta P_{OG} = 4$  кПа;

$t_{OG}$  – температура отработавших газов в газоходе дизельного двигателя, °С. В случае отсутствия данных о температуре отработавших газов для определения объема отходящих газов принимается значение:

при выбросе отработавших газов в атмосферу через газоход длиной до 5 м  $t_{OG} = 450$  °С;

при выбросе отработавших газов в атмосферу через газоход длиной свыше 5 м  $t_{OG} = 400$  °С.

**6.4.3** Пример расчета скорости отработавших газов расчётным методом приведен в приложении К.

### **6.5 Комбинирование методов определения выбросов загрязняющих веществ**

*При определении выбросов загрязняющих веществ от дизельных двигателей допускается использовать комбинированные методы определения выбросов от дизельных двигателей на основе определения выбросов по данным результатов измерений, по данным технической документации организации-изготовителя, с использованием усредненных показателей.*

**Приложение А**  
(справочное)

**Значения парциального давления водяных паров на линии насыщения в зависимости от температуры**

Таблица А.1

Температура окружающего воздуха (прибора), °С	Парциальное давление водяных паров на линии насыщения, $P_{H_2O}$ , кПа
0	0,611
1	0,657
2	0,706
3	0,758
4	0,813
5	0,872
6	0,935
7	1,002
8	1,073
9	1,148
10	1,228
11	1,313
12	1,403
13	1,498
14	1,599
15	1,705
16	1,818
17	1,938
18	2,065
19	2,198
20	2,339
21	2,488
22	2,645
23	2,811
24	2,986
25	3,170
26	3,364
27	3,564
28	3,779
29	4,004
30	4,241
31	4,491
32	4,753

**Приложение Б**  
(справочное)

**Расчётные характеристики дизельного топлива**

Таблица Б.1

Дизельного Вид топлива	Состав рабочей массы топлива, %						Низшая рабочая теплота сгорания, МДж/кг $Q_i^r$	Объемы воздуха и продуктов сгорания м <sup>3</sup> /кг, (t=0 °С, P = 101,3 кПа)				Отношение объема сухих и влажных продуктов сгорания k
	A <sup>r</sup>	W <sup>r</sup>	S <sup>r</sup>	C <sup>r</sup>	H <sup>r</sup>	O <sup>r</sup>		V <sup>0</sup>	V <sub>RO<sub>2</sub></sub>	V <sub>N<sub>2</sub></sub> <sup>0</sup>	V <sub>dry</sub> <sup>3,5</sup>	
Вид I	0,1	0	0,15	83,3	16,2	0,25	42,71	11,78	1,56	9,30	40,31	0,94
Вид II	0,1	0	0,4	83,3	15,9	0,3	42,44	11,71	1,56	9,25	40,10	0,94

**Приложение В**  
(справочное)

**Технические характеристики дизельных двигателей**

**Таблица В.1**

Марка дизельного двигателя	Номинальная частота вращения коленвала $n$ , об/мин	Номинальная мощность $N_e$ , кВт	Удельный расход топлива двигателем $b$ , г/кВт·ч, при номинальной нагрузке:
Caterpillar C11 ACERT <sup>1</sup>	1800	242	221,7
Caterpillar C11 ACERT <sup>2</sup>	1800	261	-
Caterpillar C11 ACERT <sup>3</sup>	1800	287	-
Caterpillar C11 ACERT <sup>4</sup>	1800	313	-
Caterpillar C11 ACERT <sup>5</sup>	1800	336	-
Caterpillar C13 ACERT <sup>1</sup>	1800	287	210,6
Caterpillar C13 ACERT <sup>2</sup>	1800	310	-
Caterpillar C13 ACERT <sup>3</sup>	1800	328	-
Caterpillar C13 ACERT <sup>4</sup>	1800	354	-
Caterpillar C13 ACERT <sup>5</sup>	1800	388	-
Caterpillar C15 ACERT <sup>1</sup>	1800	328	217,5
Caterpillar C15 ACERT <sup>2</sup>	1800	354	210,1
Caterpillar C15 ACERT <sup>3</sup>	1800	403	223,7
Caterpillar C15 ACERT <sup>4</sup>	1800	433	228,7
Caterpillar C15 ACERT <sup>5</sup>	1800	444	220,4
Caterpillar 3412C (T)	1800	354	204
Caterpillar 3512B	1500	1050	221
Cummins KTA50-G3	1500	1050	202
Cummins QSX15-G8	1500	444	197
Volvo TAD1241GE Turbo	1500	323	198
Volvo TAD1242GE Turbo	1500	352	198
Wola 71H12A (24ANf)	1600	330	220
Wola 67H12A (58AN)	1500	331	231
ММЗ Д286.1	1500	294	198
ММЗ Д286.2	1500	375	198
ТМЗ 8525.10	1500	375	198
ЯМЗ 850.10	1900	386	211
ЯМЗ 8502.10	2100	487	219
ЯМЗ 238Д	2100	243	224
ЯМЗ 7511	1900	265	195
ЯМЗ 8504.10	2100	441	207
6ЧН12/14	1500	103	239
6ЧН1А25/34-7	500	340	211
6ЧН1А36/45	500	1100	208
8ЧН26/26	1000	773	211
4Ч9,5/11	1500	27,8	252
2Ч9,5/11	1500	11	245

Примечание - Мощностные режимы и условия работы дизелей:

<sup>1</sup>Режим IND А (непрерывная работа) - режим непрерывной работы двигателя в тяжелых

условиях, когда двигатель эксплуатируется при максимальной мощности и максимальной частоте вращения до 100% рабочего времени, без перерыва или периодического снижения нагрузки.

<sup>2</sup>Режим IND B - режим работы двигателя, при котором мощность и (или) частота вращения периодически уменьшаются по сравнению с максимальным значением (продолжительность работы при полной нагрузке не превышает 80% от общего времени работы)

<sup>3</sup>Режим IND C (прерывистый режим) - работа двигателя с периодическим увеличением мощности и (или) частоты вращения до максимальных значений (продолжительность работы при полной нагрузке не превышает 50% от общего времени работы)

<sup>4</sup>Режим IND D - режим работы двигателя, при котором допускается периодическое повышение мощности до максимального значения (продолжительность работы при полной нагрузке не превышает 10% от общего времени работы)

<sup>5</sup>Режим IND E - такой режим используется, когда максимальная мощность требуется в течение короткого периода времени для пуска или при внезапной перегрузке. Для аварийного режима эксплуатации, при котором обычного уровня мощности недостаточно (продолжительность работы при полной нагрузке не превышает 5% от общего времени работы).

**Приложение Г**  
(справочное)

**Характеристика дизельных двигателей как источника загрязнения атмосферного воздуха**

**Таблица Г.1 - Характеристики основных групп дизелей**

Группа дизелей	Описание группы	Номинальная мощность $N_e$ , кВт	Частота вращения коленвала $n$ , об/мин	Примеры моделей дизелей
А	Маломощные	<73,6 кВт	1000-3000	249,5/11, 449,5/11 и т.п.
Б	Средняя мощность	73,6-736,0	500-1500	Wola 71H12, Caterpillar C-15, Scania, 6CH12/14, ЯМЗ-238 и т.п.
В	Мощные, средняя быстроходность	736,0 – 7360,0	500-1000	8CH26/26, 6CH1A36/45 и т.п.
Г	Мощные, повышенной быстроходности	736,0 – 7360,0	1500-3000	Cummins KTA50G3, Caterpillar 3512B и т.п.

*Таблица Г.2 - Значения выбросов  $e_j$  для различных групп дизельных двигателей до капитального ремонта*

Группа дизельных двигателей в соответствии с таблицей Г.1	Выброс загрязняющих веществ $e_j$ , г/кВт·ч					
	CO	NO <sub>x</sub>	CH	PM	SO <sub>2</sub>	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>
А	7,2	10,3	3,6	0,7	1,1	$1,3 \times 10^{-5}$
Б	6,2	9,6	2,9	0,5	1,2	$1,2 \times 10^{-5}$
В	5,3	8,4	2,4	0,35	1,4	$1,1 \times 10^{-5}$
Г	7,2	10,8	3,6	0,6	1,2	$1,3 \times 10^{-5}$

**Таблица Г.3 - Значения выбросов  $e_j$  для различных групп дизельных двигателей, прошедших капитальный ремонт**

Группа дизельных двигателей в соответствии с таблицей Г.1	Выброс загрязняющих веществ $e_j$ , г/кВт·ч					
	CO	NO <sub>x</sub>	CH	PM	SO <sub>2</sub>	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>
А	8,6	9,8	4,5	0,9	1,2	$1,6 \times 10^{-5}$
Б	7,4	9,1	3,6	0,65	1,3	$1,5 \times 10^{-5}$
В	6,4	8,0	3,0	0,45	1,5	$1,4 \times 10^{-5}$
Г	8,6	10,3	4,5	0,75	1,3	$1,6 \times 10^{-5}$

**Таблица Г.4 - Значения выбросов  $q_j$  для различных групп дизельных двигателей до капитального ремонта**

Группа дизельных двигателей в соответствии с таблицей Г.1	Выброс загрязняющих веществ $q_j$ , г/кг топлива					
	CO	NO <sub>x</sub>	CH	PM	SO <sub>2</sub>	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>
А	30	43	15	3,0	4,5	$5,5 \times 10^{-5}$
Б	26	40	12	2,0	5,0	$5,5 \times 10^{-5}$
В	22	35	10	1,5	6,0	$4,5 \times 10^{-5}$
Г	30	45	15	2,5	5,0	$5,5 \times 10^{-5}$

**Таблица Г.5 - Значения выбросов  $q_j$  для различных групп дизельных двигателей, прошедших капитальный ремонт**

Группа дизельных двигателей в соответствии с таблицей Г.1	Выброс загрязняющих веществ $q_j$ , г/кг топлива					
	CO	NO <sub>x</sub>	CH	PM	SO <sub>2</sub>	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>
А	36	41	18,8	3,75	4,6	$6,9 \times 10^{-5}$
Б	31	38	15,0	2,5	5,1	$6,3 \times 10^{-5}$
В	26	33	12,5	1,9	6,1	$5,6 \times 10^{-5}$
Г	36	43	18,8	3,15	5,1	$6,9 \times 10^{-5}$

**Таблица Г.6 - Сведения об эффективности природоохранной технологии**

Наименование технологий	Вещество	Степень очистки, $\eta_j$ , %
Окисление отработавших газов в каталитическом нейтрализаторе (активная фаза платина Pt)	CO	90-95
	CH	70-80
	PM	30-50
Окисление отработавших газов в каталитическом нейтрализаторе с принудительным разогревом реактора (активная фаза платина Pt)	CO	98-100
	CH	98-100
	PM	50-60
Окисление и фильтрация отработавших газов в регенерируемых каталитических фильтроэлементах (активная фаза платина Pt)	CO	98-100
	CH	98-100
	PM	90-95
Применение вододиспергированного топлива	NO <sub>x</sub>	до 50
	PM	60-80
Применение топлива с пониженным содержанием серы (до 0,035 %)	SO <sub>2</sub>	До 95
Восстановление NO <sub>2</sub> аммиаком в сотовоблочных катализаторах отработавших газов	NO <sub>x</sub>	до 80
Промывка отработавших газов в водных растворах (жидкостная нейтрализация)	NO <sub>x</sub>	до 40
	PM	до 50

**Приложение Д**

(справочное)

**Пример расчета определения выбросов загрязняющих веществ от дизельного двигателя по данным результатов измерений**

Исходные данные:

Марка дизеля - Caterpillar C-15; изготовитель - США;

Расход дизельного топлива (вид I)  $B_s^{te} = 80$  т/год;

Теоретический объем сухих отработавших газов, образующихся при полном сжигании одного килограмма топлива, определяется в соответствии с таблицей Б.1 (приложение

Б)  $V_{dry}^{3,5} = 40,31$  м<sup>3</sup>/кг;Температура отходящих отработавших газов  $t_g = 400$  °С;

Объем отработавших газов, рассчитанный в соответствии с ГОСТ 17.2.4.06

 $V = 0,449$  м<sup>3</sup>/с;

Измеренная объемная концентрация загрязняющих веществ в сухих отработавших газах, ppm:

$$I_{CO} = 543 \text{ ppm},$$

$$I_{SO_2} = 1 \text{ ppm},$$

$$I_{NO_x} = 477 \text{ ppm}$$

Измеренная концентрация кислорода  $O_2 = 10,822$  %;Барометрическое давление воздуха в момент проведения измерений  $P_b = 99,8$  кПа;Избыточное давление газов в месте отбора пробы  $\Delta P_i = 0,18$  кПа;Отношение объема сухих и влажных продуктов сгорания принято по таблице Б.1 (приложение Б)  $k = 0,94$ .

Значения переводных коэффициентов:

$$\rho_{CO} = 1,25 \text{ мг/м}^3;$$

$$\rho_{NO_x} = 2,05 \text{ мг/м}^3;$$

$$\rho_{SO_2} = 2,86 \text{ мг/м}^3.$$

Максимальный выброс  $j$ -го загрязняющего вещества  $M_j$ , г/с, определяется по формуле (3):

$$M_j = c_j \cdot V_{dry} \cdot 10^{-3}$$

Концентрация  $j$ -го загрязняющего вещества в сухих отработавших газах  $c_j$ , мг/м<sup>3</sup>, при индикации значений в объемных единицах определяется по формуле (6):

$$c_j = \frac{I_j}{\left(1 - \frac{P_{H_2O}}{P_b}\right)} \cdot \rho_j \cdot \frac{\alpha}{3,5}$$

Коэффициент избытка воздуха в месте отбора пробы  $\alpha$  определяется в соответствии с формулой (5):

$$\alpha = \frac{21}{21 - O_2} = \frac{21}{21 - 10,822} = 2,06$$

Значения концентраций загрязняющих веществ в сухих отработавших газах  $c_j$ , мг/м<sup>3</sup>, при нормальных условиях и коэффициенте избытка воздуха  $\alpha_0 = 3,5$ :

$$c_{CO} = \frac{I_{CO}}{\left(1 - \frac{P_{H_2O}}{P_b}\right)} \cdot \rho_{CO} \cdot \frac{\alpha}{3,5} = \frac{543}{\left(1 - \frac{0}{99,8}\right)} \cdot 1,25 \cdot \frac{2,06}{3,5} = 399,5 \text{ мг / м}^3$$

$$c_{SO_2} = \frac{I_{SO_2}}{\left(1 - \frac{P_{H_2O}}{P_b}\right)} \cdot \rho_{SO_2} \cdot \frac{\alpha}{3,5} = \frac{1}{\left(1 - \frac{0}{99,8}\right)} \cdot 2,86 \cdot \frac{2,06}{3,5} = 1,7 \text{ мг / м}^3$$

$$c_{NO_x} = \frac{I_{NO_x}}{\left(1 - \frac{P_{H_2O}}{P_b}\right)} \cdot \rho_{NO_x} \cdot \frac{\alpha}{3,5} = \frac{477}{\left(1 - \frac{0}{99,8}\right)} \cdot 2,05 \cdot \frac{2,06}{3,5} = 577,5 \text{ мг / м}^3$$

Объем сухих отработавших газов  $V_{dry}$ , м<sup>3</sup>/с, определяется в соответствии с формулой (7):

$$V_{dry} = \frac{V \cdot 3,5 \cdot k \cdot 273,15 \cdot (P_b + \Delta P_i)}{\alpha \cdot (273,15 + t_g) \cdot 101,3} = \frac{0,449 \cdot 3,5 \cdot 0,94 \cdot 273,15 \cdot (99,8 + 0,18)}{2,06 \cdot (273,15 + 400) \cdot 101,3} = 0,287 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Значения максимальных выбросов загрязняющих веществ  $M_j$ , г/с, поступающих в атмосферный воздух с отработавшими газами:

$$M_{CO} = c_{CO} \cdot V_{dry} \cdot 10^{-3} = 399,5 \cdot 0,287 \cdot 10^{-3} = 0,115 \text{ г / с}$$

$$M_{SO_2} = c_{SO_2} \cdot V_{dry} \cdot 10^{-3} = 1,7 \cdot 0,287 \cdot 10^{-3} = 0,001 \text{ г / с}$$

$$M_{NO_x} = c_{NO_x} \cdot V_{dry} \cdot 10^{-3} = 577,5 \cdot 0,287 \cdot 10^{-3} = 0,259 \text{ г / с}$$

С учетом коэффициента трансформации  $K_{TR} = 0,7$  максимальные выбросы оксидов азота определяются согласно формулам (16), (17):

$$M_{NO_2} = K_{TR} \cdot M_{NO_x} = 0,7 \cdot 0,259 = 0,181 \text{ г / с}$$

$$M_{NO} = 0,65 \cdot (1 - K_{TR}) \cdot M_{NO_x} = 0,65 \cdot (1 - 0,7) \cdot 0,259 = 0,051 \text{ г / с}$$

Валовой выброс  $j$ -го загрязняющего вещества, поступающего в атмосферный воздух с отработавшими газами  $M_j^{te}$ , т/год, определяется по формуле (18):

$$M_j^{te} = 0,85 \cdot c_j \cdot V_{dry}^{te} \cdot 10^{-6}$$

Объем сухих отработавших газов, образующихся при полном сгорании топлива  $V_{dry}^{te}$ , тыс.м<sup>3</sup>/год, определяется согласно формуле (19):

$$V_{dry}^{te} = B_s^{te} \cdot V_{dry}^{3,5} = 80 \cdot 40,31 = 3224,8 \text{ тыс.м}^3 / \text{год}$$

Значения валовых выбросов загрязняющих веществ  $M_j^{te}$ , т/год, поступающих в атмосферный воздух с отработавшими газами:

$$M_{CO}^{te} = 0,85 \cdot c_{CO} \cdot V_{dry}^{te} \cdot 10^{-6} = 0,85 \cdot 399,5 \cdot 3224,8 \cdot 10^{-6} = 1,095 \text{ т / год}$$

$$M_{SO_2}^{te} = 0,85 \cdot c_{SO_2} \cdot V_{dry}^{te} \cdot 10^{-6} = 0,85 \cdot 1,7 \cdot 3224,8 \cdot 10^{-6} = 0,005 \text{ т / год}$$

$$M_{NO_x}^{te} = 0,85 \cdot c_{NO_x} \cdot V_{dry}^{te} \cdot 10^{-6} = 0,85 \cdot 575,5 \cdot 3224,8 \cdot 10^{-6} = 1,578 \text{ т / год}$$

С учетом коэффициента трансформации  $K_{TR} = 0,6$  валовые выбросы оксидов азота определяются согласно формулам (16), (17):

$$M_{NO_2}^{te} = K_{TR} \cdot M_{NO_x} = 0,6 \cdot 1,578 = 0,947 \text{ т / год}$$

$$M_{NO}^{te} = 0,65 \cdot (1 - K_{TR}) \cdot M_{NO_x} = 0,65 \cdot (1 - 0,6) \cdot 1,578 = 0,410 \text{ т / год}$$

## Приложение Е

(справочное)

## Пример расчета определения выбросов загрязняющих веществ от дизельного двигателя согласно данных организации-изготовителя

Исходные данные:

Марка дизеля - Caterpillar С-15; изготовитель - США;

Расход дизельного топлива (вид I)  $B_s^{te} = 80$  т/год;

Теоретический объем сухих отработавших газов, образующихся при полном сжигании одного килограмма топлива, определяется в соответствии с таблицей Б.1 (приложение

Б)  $V_{dry}^{3,5} = 40,31$  м<sup>3</sup>/кг;Максимальные значения концентраций загрязняющих веществ  $c_j^P$ , мг/м<sup>3</sup>, в соответствии с данными организации-изготовителя (значения указаны для сухих отработавших газов при температуре  $t^P = 0$  °С, давлении  $P^P = 101,3$  кПа и содержании кислорода  $O_2 = 5$  %):

$$c_{NOx}^P = 1809,0 \text{ мг / м}^3 ;$$

$$c_{CO}^P = 551,2 \text{ мг / м}^3 ;$$

$$c_{CH}^P = 5,3 \text{ мг / м}^3 ;$$

$$c_{PM}^P = 21,6 \text{ мг / м}^3 .$$

Отношение объема сухих и влажных продуктов сгорания при определении  $V_{dry}$  принято по таблице Б.1 (приложение Б)  $k = 0,94$ ;Отношение объема сухих и влажных продуктов сгорания при определении  $c_j$  принято в соответствии с п.6.2.3  $k = 1$ ;Максимальное значение объема влажных отработавших газов (значение указано при температуре  $t^{PO} = 487,7$  °С, атмосферном давлении и коэффициенте избытка воздуха в отработавших газах  $\alpha^{PO} = 2,1$ )  $V^P = 103,5$  м<sup>3</sup>/мин = 1,725 м<sup>3</sup>/с.Максимальный выброс загрязняющих веществ  $M_j$ , г/с, поступающих в атмосферный воздух с отработавшими газами, определяется в соответствии с формулой (3):

$$M_j = c_j \cdot V_{dry} \cdot 10^{-3}$$

Концентрация  $j$ -го загрязняющего вещества в сухих отработавших газах при нормальных условиях и коэффициенте избытка воздуха  $\alpha_0 = 3,5$ ,  $c_j$ , мг/м<sup>3</sup>, определяется в соответствии с формулой (20):

$$c_j = c_j^P \cdot \frac{\alpha^P}{3,5} \cdot \frac{273,15 + t^P}{273,15} \cdot \frac{101,3}{P^P} \cdot \frac{1}{k}$$

Коэффициент избытка воздуха, при котором завод-изготовитель указывает значения концентраций загрязняющих веществ,  $\alpha^P$  по определяется по формуле (5):

$$\alpha^P = \frac{21}{21 - O_2} = \frac{21}{21 - 5} = 1,3125$$

Значения концентраций  $j$ -го загрязняющего вещества в сухих отработавших газах при нормальных условиях и коэффициенте избытка воздуха  $\alpha_0 = 3,5$ ,  $c_j$ , мг/м<sup>3</sup>:

$$c_{NO_x} = c_{NO_x}^P \cdot \frac{\alpha^P}{3,5} \cdot \frac{273,15+t^P}{273,15} \cdot \frac{101,3}{P^P} \cdot \frac{1}{k} = 1809 \cdot \frac{1,3125}{3,5} \cdot \frac{273,15+0}{273,15} \cdot \frac{101,3}{101,3} \cdot \frac{1}{1} = 678,4 \text{ мг/м}^3$$

$$c_{CO} = c_{CO}^P \cdot \frac{\alpha^P}{3,5} \cdot \frac{273,15+t^P}{273,15} \cdot \frac{101,3}{P^P} \cdot \frac{1}{k} = 551,2 \cdot \frac{1,3125}{3,5} \cdot \frac{273,15+0}{273,15} \cdot \frac{101,3}{101,3} \cdot \frac{1}{1} = 206,7 \text{ мг/м}^3$$

$$c_{CH} = c_{CH}^P \cdot \frac{\alpha^P}{3,5} \cdot \frac{273,15+t^P}{273,15} \cdot \frac{101,3}{P^P} \cdot \frac{1}{k} = 5,3 \cdot \frac{1,3125}{3,5} \cdot \frac{273,15+0}{273,15} \cdot \frac{101,3}{101,3} \cdot \frac{1}{1} = 2,0 \text{ мг/м}^3$$

$$c_{PM} = c_{PM}^P \cdot \frac{\alpha^P}{3,5} \cdot \frac{273,15+t^P}{273,15} \cdot \frac{101,3}{P^P} \cdot \frac{1}{k} = 21,6 \cdot \frac{1,3125}{3,5} \cdot \frac{273,15+0}{273,15} \cdot \frac{101,3}{101,3} \cdot \frac{1}{1} = 8,1 \text{ мг/м}^3$$

Объем сухих отработавших газов при нормальных условиях и коэффициенте избытка воздуха  $\alpha_0 = 3,5$ ,  $V_{dry}$ , м<sup>3</sup>/с, определяется в соответствии с формулой (21):

$$V_{dry} = V^P \cdot \frac{3,5}{\alpha^{PO}} \cdot \frac{273,15}{273,15+t^{PO}} \cdot \frac{P^{PO}}{101,3} \cdot k = 1,725 \cdot \frac{3,5}{2,1} \cdot \frac{273,15}{273,15+487,7} \cdot \frac{101,3}{101,3} \cdot 0,94 = 0,97 \text{ м}^3/\text{с}$$

Значения максимальных выбросов загрязняющих веществ  $M_j$ , г/с, поступающих в атмосферный воздух с отработавшими газами:

$$M_{NO_x} = c_{NO_x} \cdot V_{dry} \cdot 10^{-3} = 678,4 \cdot 0,97 \cdot 10^{-3} = 0,658 \text{ г/с}$$

$$M_{CO} = c_{CO} \cdot V_{dry} \cdot 10^{-3} = 206,7 \cdot 0,97 \cdot 10^{-3} = 0,200 \text{ г/с}$$

$$M_{CH} = c_{CH} \cdot V_{dry} \cdot 10^{-3} = 2,0 \cdot 0,97 \cdot 10^{-3} = 0,002 \text{ г/с}$$

$$M_{PM} = c_{PM} \cdot V_{dry} \cdot 10^{-3} = 8,1 \cdot 0,97 \cdot 10^{-3} = 0,008 \text{ г/с}$$

С учетом коэффициента трансформации  $K_{TR} = 0,7$  максимальные выбросы оксидов азота определяются согласно формулам (16), (17):

$$M_{NO_2} = K_{TR} \cdot M_{NO_x} = 0,7 \cdot 0,658 = 0,461 \text{ г/с}$$

$$M_{NO} = 0,65 \cdot (1 - K_{TR}) \cdot M_{NO_x} = 0,65 \cdot (1 - 0,7) \cdot 0,658 = 0,128 \text{ г/с}$$

Валовой выброс  $j$ -го загрязняющего вещества, поступающего в атмосферный воздух с отработавшими газами  $M_j^{te}$ , т/год, определяется по формуле (18):

$$M_j^{te} = 0,85 \cdot c_j \cdot V_{dry}^{te} \cdot 10^{-6}$$

Объем сухих отработавших газов, образующихся при полном сгорании топлива  $V_{dry}^{te}$ , тыс.м<sup>3</sup>/год, определяется согласно формуле (19):

$$V_{dry}^{te} = B_s^{te} \cdot V_s^{3,5} = 80 \cdot 40,31 = 3224,8 \text{ тыс.м}^3/\text{год}$$

Значения валовых выбросов загрязняющих веществ  $M_j^{te}$ , т/год, поступающих в атмосферный воздух с отработавшими газами:

$$M_{CO}^{te} = 0,85 \cdot c_{CO} \cdot V_{dry}^{te} \cdot 10^{-6} = 0,85 \cdot 206,7 \cdot 3224,8 \cdot 10^{-6} = 0,567 \text{ т/год}$$

$$M_{NO_x}^{te} = 0,85 \cdot c_{NO_x} \cdot V_{dry}^{te} \cdot 10^{-6} = 0,85 \cdot 678,375 \cdot 3224,8 \cdot 10^{-6} = 1,859 \text{ т/год}$$

$$M_{CH}^{te} = 0,85 \cdot c_{CH} \cdot V_{dry}^{te} \cdot 10^{-6} = 0,85 \cdot 1,988 \cdot 3224,8 \cdot 10^{-6} = 0,005 \text{ т/год}$$

$$M_{PM}^{te} = 0,85 \cdot c_{PM} \cdot V_{dry}^{te} \cdot 10^{-6} = 0,85 \cdot 8,1 \cdot 3224,8 \cdot 10^{-6} = 0,022 \text{ т/год}$$

С учетом коэффициента трансформации  $K_{TR} = 0,6$  валовые выбросы оксидов азота определяются согласно формулам (16), (17):

ТКП 17.08-18-2016

$$M_{NO_2}^{te} = K_{TR} \cdot M_{NO_x} = 0,6 \cdot 1,859 = 1,116 \text{ т / год}$$

$$M_{NO}^{te} = 0,65 \cdot (1 - K_{TR}) \cdot M_{NO_x} = 0,65 \cdot (1 - 0,6) \cdot 1,859 = 0,483 \text{ т / год}$$

**Приложение Ж**  
(справочное)

**Пример расчета определения выбросов загрязняющих веществ от дизельного двигателя расчётным методом с использованием усредненных показателей**

Исходные данные:

Марка дизеля - Caterpillar С-15, изготовитель - США;

Группа дизельных двигателей – Б, до капитального ремонта;

Расход дизельного топлива (вид 1)  $B_s^{te}$  - 80 т/год;

Мощность дизельного двигателя в режиме эксплуатационного (максимального) отбора мощности  $N_e^F$  – 400 кВт;

Выброс  $j$ -го загрязняющего вещества на единицу полезной работы вырабатываемой дизельным двигателем на режиме номинальной мощности определяется по таблице Г.2 (приложение Г):

$$e_{CO} = 6,2 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч};$$

$$e_{NO_x} = 9,6 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч};$$

$$e_{CH} = 2,9 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч};$$

$$e_{PM} = 0,5 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч};$$

$$e_{SO_2} = 1,2 \text{ г/кВт} \cdot \text{ч};$$

$$e_{C_{20}H_{12}} = 1,2 \times 10^{-5} \text{ г/кВт} \cdot \text{ч}.$$

Выброс  $j$ -го загрязняющего вещества  $q_j$ , г/кг, при работе дизельного двигателя с учётом совокупности режимов, составляющих эксплуатационный цикл, определяется по таблице Г.4 (приложение Г):

$$q_{CO} = 26 \text{ г/кг топлива};$$

$$q_{NO_x} = 40 \text{ г/кг топлива};$$

$$q_{CH} = 12 \text{ г/кг топлива};$$

$$q_{PM} = 2,0 \text{ г/кг топлива};$$

$$q_{SO_2} = 5,0 \text{ г/кг топлива};$$

$$q_{C_{20}H_{12}} = 5,5 \times 10^{-5} \text{ г/кг топлива}.$$

Коэффициент снижения выбросов  $f_j$  для дизельных двигателей зарубежного производства:

$$f_{SO_2} = 1;$$

$$f_{CO}, f_{NO_2}, f_{NO} = 2;$$

$$f_{C_{20}H_{12}}, f_{CH}, f_{PM} = 3,5.$$

Степень очистки выбросов загрязняющих веществ при внедрении природоохранных технологий (применение топлива с пониженным содержанием серы)  $\eta_{SO_2} = 95 \%$  (таблица Г.6 приложения Г).

Максимальные выбросы загрязняющих веществ  $M_j$ , г/с, определяются по формуле (22):

$$M_{SO_2} = \left(1 - \frac{\eta_{SO_2}}{100}\right) \cdot \frac{e_{SO_2} \cdot N_e^F}{3600} \cdot \frac{1}{f_{SO_2}} = \left(1 - \frac{95}{100}\right) \cdot \frac{1,2 \cdot 400}{3600} \cdot \frac{1}{1} = 0,007 \text{ г/с}$$

$$M_{CO} = \left(1 - \frac{\eta_{CO}}{100}\right) \cdot \frac{e_{CO} \cdot N_e^F}{3600} \cdot \frac{1}{f_{CO}} = \left(1 - \frac{0}{100}\right) \cdot \frac{6,2 \cdot 400}{3600} \cdot \frac{1}{2} = 0,344 \text{ г/с}$$

$$M_{C_{20}H_{12}} = \left(1 - \frac{\eta_{C_{20}H_{12}}}{100}\right) \cdot \frac{e_{C_{20}H_{12}} \cdot N_e^F}{3600} \cdot \frac{1}{f_{C_{20}H_{12}}} = \left(1 - \frac{0}{100}\right) \cdot \frac{1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 400}{3600} \cdot \frac{1}{3,5} = 0,0000004 \text{ г/с}$$

$$M_{CH} = \left(1 - \frac{\eta_{CH}}{100}\right) \cdot \frac{e_{CH} \cdot N_e^F}{3600} \cdot \frac{1}{f_{CH}} = \left(1 - \frac{0}{100}\right) \cdot \frac{2,9 \cdot 400}{3600} \cdot \frac{1}{3,5} = 0,092 \text{ г/с}$$

$$M_{PM} = \left(1 - \frac{\eta_{PM}}{100}\right) \cdot \frac{e_{PM} \cdot N_e^F}{3600} \cdot \frac{1}{f_{PM}} = \left(1 - \frac{0}{100}\right) \cdot \frac{0,5 \cdot 400}{3600} \cdot \frac{1}{3,5} = 0,016 \text{ г/с}$$

С учетом коэффициента трансформации  $K_{TR} = 0,7$  максимальные выбросы оксидов азота:

$$M_{NO_2} = K_{TR} \cdot M_{NO_x} = 0,7 \cdot \left(1 - \frac{\eta_{NO_2}}{100}\right) \cdot \frac{e_{NO_2} \cdot N_e^F}{3600} \cdot \frac{1}{f_{NO_2}} = 0,7 \cdot \left(1 - \frac{0}{100}\right) \cdot \frac{9,6 \cdot 400}{3600} \cdot \frac{1}{2} = 0,373 \text{ г/с}$$

$$M_{NO} = 0,65 \cdot (1 - K_{TR}) \cdot M_{NO_x} = 0,65 \cdot (1 - 0,7) \cdot \left(1 - \frac{\eta_{NO}}{100}\right) \cdot \frac{e_{NO} \cdot N_e^F}{3600} \cdot \frac{1}{f_{NO}} =$$

$$0,65 \cdot (1 - 0,7) \cdot \left(1 - \frac{0}{100}\right) \cdot \frac{9,6 \cdot 400}{3600} \cdot \frac{1}{2} = 0,010 \text{ г/с}$$

Концентрации выбросов загрязняющих веществ  $c_j$ , мг/м<sup>3</sup>, определяется по формуле (23):

$$c_{SO_2} = \frac{M_{SO_2} \cdot 1000}{V_p} = \frac{0,007 \cdot 1000}{1,452} = 4,820 \text{ мг/м}^3$$

$$c_{CO} = \frac{M_{CO} \cdot 1000}{V_p} = \frac{0,344 \cdot 1000}{1,452} = 236,914 \text{ мг/м}^3$$

$$c_{CH} = \frac{M_{CH} \cdot 1000}{V_p} = \frac{0,092 \cdot 1000}{1,452} = 63,360 \text{ мг/м}^3$$

$$c_{PM} = \frac{M_{PM} \cdot 1000}{V_p} = \frac{0,016 \cdot 1000}{1,452} = 11,019 \text{ мг/м}^3$$

$$c_{NO_2} = \frac{M_{NO_2} \cdot 1000}{V_p} = \frac{0,373 \cdot 1000}{1,452} = 256,887 \text{ мг/м}^3$$

$$c_{NO} = \frac{M_{NO} \cdot 1000}{V_p} = \frac{0,010 \cdot 1000}{1,452} = 6,887 \text{ мг/м}^3$$

Валовые выбросы загрязняющих веществ  $M_j^{te}$ , т/год, определяются по формуле (24):

$$M_{SO_2}^{te} = \left(1 - \frac{\eta_{SO_2}}{100}\right) \cdot \frac{q_{SO_2} \cdot B_s^{te}}{1000} \cdot \frac{1}{f_{SO_2}} = \left(1 - \frac{95}{100}\right) \cdot \frac{5 \cdot 80}{1000} \cdot \frac{1}{1} = 0,020 \text{ т/год}$$

$$M_{CO}^{te} = \left(1 - \frac{\eta_{CO}}{100}\right) \cdot \frac{q_{CO} \cdot B_s^{te}}{1000} \cdot \frac{1}{f_{CO}} = \left(1 - \frac{0}{100}\right) \cdot \frac{26 \cdot 80}{1000} \cdot \frac{1}{2} = 1,040 \text{ т/год}$$

$$M_{PM}^{te} = \left(1 - \frac{\eta_{PM}}{100}\right) \cdot \frac{q_{PM} \cdot B_s^{te}}{1000} \cdot \frac{1}{f_{PM}} = \left(1 - \frac{0}{100}\right) \cdot \frac{2 \cdot 80}{1000} \cdot \frac{1}{3,5} = 0,046 \text{ т/год}$$

$$M_{C_{20}H_{12}}^{te} = \left(1 - \frac{\eta_{C_{20}H_{12}}}{100}\right) \cdot \frac{q_{C_{20}H_{12}} \cdot B_s^{te}}{1000} \cdot \frac{1}{f_{C_{20}H_{12}}} = \left(1 - \frac{0}{100}\right) \cdot \frac{5,5 \cdot 10^{-5} \cdot 80}{1000} \cdot \frac{1}{3,5} = 0,0000013 \text{ т / год}$$

$$M_{CH}^{te} = \left(1 - \frac{\eta_{CH}}{100}\right) \cdot \frac{q_{CH} \cdot B_s^{te}}{1000} \cdot \frac{1}{f_{CH}} = \left(1 - \frac{0}{100}\right) \cdot \frac{12 \cdot 80}{1000} \cdot \frac{1}{3,5} = 0,274 \text{ т / год}$$

С учетом коэффициента трансформации  $K_{TR} = 0,6$  максимальные выбросы оксидов азота:

$$M_{NO_2} = K_{TR} \cdot M_{NO_x} = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{\eta_{NO_2}}{100}\right) \cdot \frac{q_{NO_2} \cdot B_s^{te}}{1000} \cdot \frac{1}{f_{NO_2}} = 0,6 \cdot \left(1 - \frac{0}{100}\right) \cdot \frac{40 \cdot 80}{1000} \cdot \frac{1}{2} = 0,960 \text{ т / год}$$

$$M_{NO} = 0,65 \cdot (1 - K_{TR}) \cdot M_{NO_x} = 0,65 \cdot (1 - 0,6) \cdot \left(1 - \frac{\eta_{NO}}{100}\right) \cdot \frac{q_{NO} \cdot B_s^{te}}{1000} \cdot \frac{1}{f_{NO}} =$$

$$0,65 \cdot (1 - 0,6) \cdot \left(1 - \frac{0}{100}\right) \cdot \frac{40 \cdot 80}{1000} \cdot \frac{1}{2} = 0,416 \text{ т / год}$$

## Приложение К (справочное)

### Пример расчета определения скорости отработавших газов

Исходные данные:

Марка дизеля - Caterpillar C-15;

Мощность дизельного двигателя в режиме эксплуатационного (максимального) отбора мощности  $N_e^F$  – 400 кВт;

Длина трубы - свыше 5 м;

Диаметр трубы  $d = 0,198$  м;

Температура отработавших газов после дизельного двигателя при длине выхлопной трубы свыше 5 м:  $t_{OG} = 400$  °С;

Коэффициент избытка воздуха в отработавших газах в выхлопной трубе дизельного двигателя, при работе на номинальной нагрузке:  $\alpha_{OG} = 2,1$ ;

Теоретический объем сухих отработавших газов, образующихся при полном сжигании одного килограмма топлива  $V_{dry}^{3,5} = 40,31$  м<sup>3</sup>/кг (в соответствии с таблицей Б.1 приложение Б).

Расчётный расход топлива  $B_s$ , кг/с, определяется по формуле (14):

$$B_s = \frac{b \cdot N}{3,6 \cdot 10^6} \cdot \frac{Q_p^r}{Q_i^r} = \frac{214 \cdot 400}{3,6 \cdot 10^6} \cdot \frac{42,71}{42,71} = 0,0238 \text{ кг / с}$$

Объем отработавших газов  $V_p$ , м<sup>3</sup>/с, в газоходе дизельного двигателя определяется по формуле (26):

$$V_p = V_{dry}^{3,5} \cdot B_s \cdot \frac{\alpha_{OG}}{3,5} \cdot \frac{273,15 + t_{OG}}{273,15} \cdot \frac{101,3}{101,3 + \Delta P_{OG}} \cdot \frac{1}{k} =$$

$$= 40,31 \cdot 0,0238 \cdot \frac{2,1}{3,5} \cdot \frac{273,15 + 400}{273,15} \cdot \frac{101,3}{101,3 + 4} \cdot \frac{1}{0,94} = 1,452 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Скорость отработавших газов  $v$ , м/с, в газоходе дизельного двигателя определяется по формуле (25):

$$v = \frac{4 \cdot V_p}{3,14 \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 1,452}{3,14 \cdot 0,198^2} = 47,2 \text{ м / с.}$$

**Библиография**

- [1] МВИ.МН 1003-2007 Методика выполнения измерений концентраций и выбросов загрязняющих веществ, скорости газов, температуры, влажности, давления электронными переносными приборами
- [2] МВИ концентрации пыли гравиметрическим методом.
- [3] МВИ. МН 1657-2001 Методика количественного газохроматографического определения концентраций паров предельных углеводородов C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub> (индивидуально и суммарно) при их совместном присутствии в промышленных выбросах
- [4] МВИ концентрации антрацена, аценафтена, бенз(а)антрацена, бенз(а)пирена, бенз(е)пирена, 2,3-бензодифениленоксида, дифениленоксида, 1-метилнафталина, 2-метилнафталина, перилена, пирена, фенантрена, флуорантена, флуорена, хризена методом ГХ
- [5] ОНД-90 Руководство по контролю источников загрязнения атмосферы (в 2-х частях) Утверждено постановлением Государственного комитета по охране природы СССР от 30 октября 1990 г. № 8
- [6] Методика расчёта выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных дизельных установок. С-П., 2001 г.

## ТКП 17.08-18-2016

Список ответственных разработчиков:

Директор БелНИПИнефть	А.Н.Цыбранков
Первый заместитель директора- главный инженер БелНИПИнефть	А.В.Серебренников
Заведующая отделом экологии и природоохранных мероприятий БелНИПИнефть	И.В.Рудинская
Инженер 1 кат. отдела экологии и природоохранных мероприятий БелНИПИнефть	Т.В.Кульчик
Инженер по ООС 2 кат.отдела экологии и природоохранных мероприятий БелНИПИнефть	В.А.Стахейко
Инженер по ООС отдела экологии и природоохранных мероприятий БелНИПИнефть	В.В.Кудрявченко