

Утверждаю
Министр охраны
окружающей среды
Республики Казахстан
от « » 2010 г. №

**Система нормативных документов по охране окружающей среды
Руководящий нормативный документ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**ПО РАСЧЕТУ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ В АТМОСФЕРУ
ОТ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА, КАК ОТ ПАССАЖИРСКИХ, ТАК И
ОТ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК**

*Исполнитель: РГП «КазНИИЭК» МОС РК
Заказчик: Министерство охраны окружающей
среды Республики Казахстан*

Астана 2010

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения
2. Цель и задачи
3. Порядок расчетов
 - 3.1. Порядок расчетов выбросов ПГ от тепловозов
 - 3.2. Порядок расчетов выбросов ПГ от отопительных устройств вагонов
 - 3.2.1 Выбросы CO₂
 - 3.2.2 Выбросы других ПГ
4. Оценка неопределенностей
5. Список использованных источников

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Железнодорожный транспорт играет важную роль в перевозке грузов и пассажиров по территории Республики Казахстан. При этом на железнодорожном транспорте используется значительное количество топлива и энергии, а, соответственно, и выбросы парниковых газов достаточно велики. Учет этих выбросов представляется крайне необходимым, хотя это и сложная техническая проблема.

В качестве тяги на железнодорожном транспорте в настоящее время используются электровозы и тепловозы. Поскольку электроэнергия вырабатывается на энергетических предприятиях на стороне, а предприятия транспорта ее покупают, то парниковые газы, выбрасываемые при ее производстве, относятся к выбросам энергетического предприятия. Электровозы, таким образом, не являются объектом расчета выбросов парниковых газов по данной методике. Они их не выбрасывают.

Не попадают под данную методику и различные объекты железнодорожных станций, использующие топлива для отопления.

Основными объектами выброса парниковых газов является тепловозы различного назначения. Дизельные локомотивы делятся на три категории: маневренные, дрезины и тяговые локомотивы. Маневренные локомотивы имеют двигатели мощностью от 200 до 2000 кВт. Дрезины используются на коротких дистанциях. Они оборудованы двигателями еще меньшей мощности: 150 – 1000 кВт. Тяговые (или магистральные) тепловозы используются на длинных дистанциях для перевозки пассажиров и грузов. Мощность двигателей у тяговых тепловозов от 400 до 4000 кВт [].

Данная методика предназначена для расчета выбросов парниковых газов только транспортными единицами – тепловозами, а также вагонами, где в качестве топлива используется уголь или дизельное топливо.

Доля железнодорожных перевозок между государствами (международные маршруты) очень велика. Возникает поэтому проблема, куда относить или как делить выбросы парниковых газов при таких маршрутах. Международная практика показывает, что если выбросы парниковых газов при таких перевозках не регулируются перевозками не регулируются специальными соглашениями, то выбросы ПГ следует относить к стране, в которой произошла заправка топливом. В отличие от авиации, например, возможна смешенная и многократная заправка и дозаправка топливом тепловозов (и вагонов) в двух и более странах. Выбросы парниковых газов в этом случае следует делить пропорционально заправленному топливу в каждой стране независимо от принадлежности подвижного состава, если не оговорены другие условия.

Режим работы двигателей тепловоза существенно меняется при движении по маршруту, т.к. имеются подъемы и спуски. Кроме того, для железнодорожного транспорта характерны длительные стоянки на станциях, на запасных путях, во время которых выбросы ПГ N_2O и CH_4 и даже CO_2

учесть довольно трудно, т.к. статистика о продолжительности таких стоянок отсутствует. По этой причине неопределенность в расчетах выбросов ПГ всех типов для железнодорожного транспорта выше, чем, например, для автомобильного или воздушных судов. Однако ее оценки возможны.

Оценки выбросов ПГ от систем отопления вагонов тоже имеют повышенную неопределенность из-за большого разброса возможных режимов работы отопительных устройств.

2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ

Данная методика предназначена для расчета выбросов парниковых газов ПГ исключительно объектами железнодорожного транспорта, при работе которых выделяются парниковые газы – тепловозов и пассажирских вагонов (а также грузовых с отоплением) вагонов, отапливаемых углем или дизтопливом. На стационарные объекты действие данной методики не распространяется.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- изучить исследования, выполненные в дальнем и ближнем зарубежье, в которых рассматривались бы особенности эксплуатации железнодорожного транспорта и подходы к оценке выбросов ПГ при разных режимах эксплуатации тепловозов;
- изучить особенности эксплуатации отопительных устройств в пассажирских вагонах;
- изучить особенности эксплуатации железнодорожного транспорта в Казахстане с целью учета местных особенностей и возможностей применения западных методик;
- оценить неопределенности, возникающие при определении данной методики.

3. ПОРЯДОК РАСЧЕТОВ.

Расчеты выбросов ПГ тепловозами и отопительными устройствами вагонов выполняются отдельно. На заключительном этапе результаты объединяются для получения общих данных по предприятию.

3.1. Порядок расчетов выбросов ПГ от тепловозов

Существует три методических уровня для оценки выбросов CO_2 , CH_4 и N_2O от железнодорожного транспорта. Чем выше уровень, тем точнее и надежнее результаты. Схема принятия решений, т.е. выбор уровня для расчетов, представлен на рис. 1.

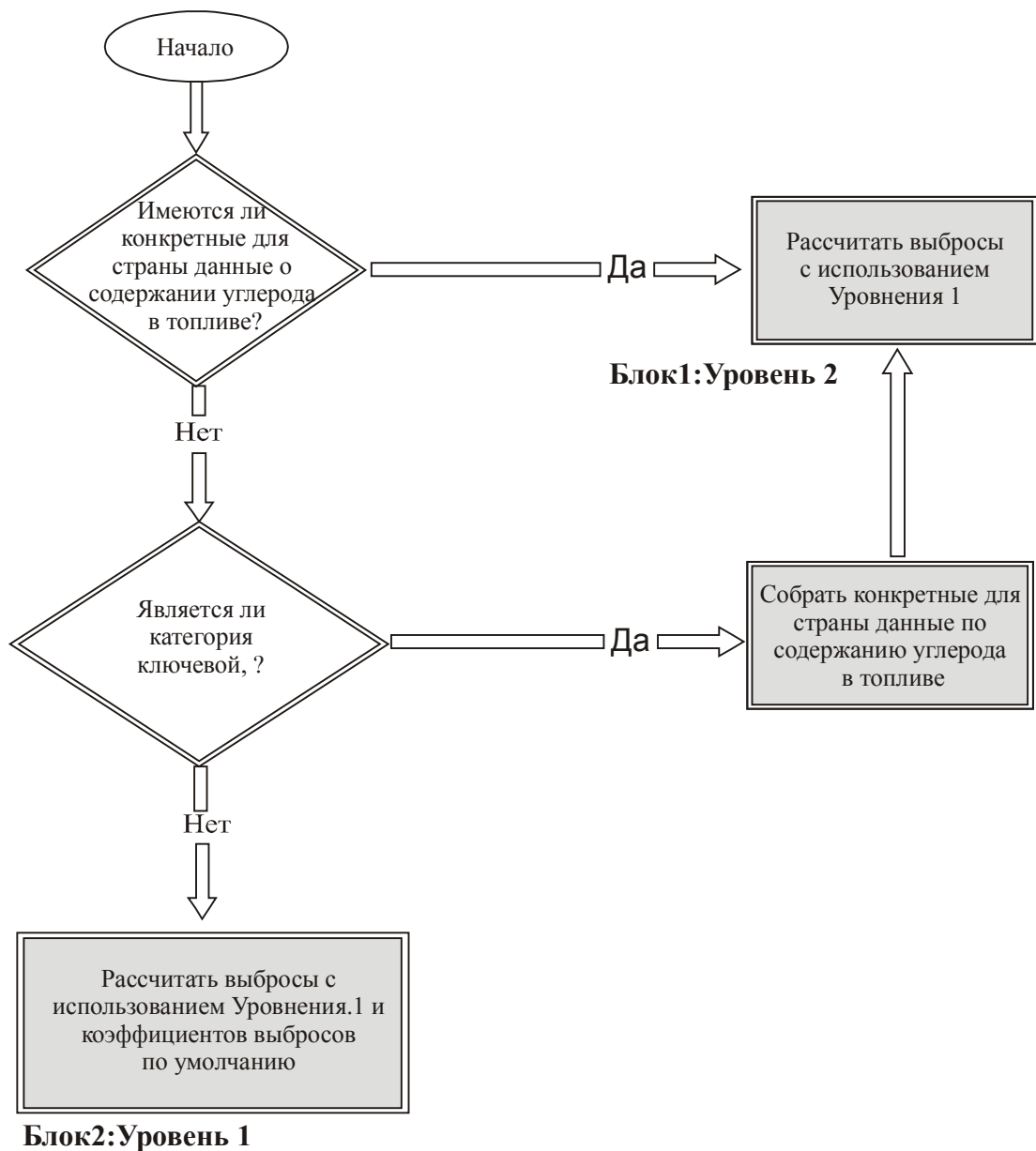


Рис. 1. Схема принятия решений для выбросов CO_2 от сжигания топлива при железнодорожных перевозках.

Из рис. 1. можно видеть, что для расчета выбросов CO_2 третий уровень не используется. Опыт показал, что даже при наличии всех необходимых данных третий уровень мало влияет на результат расчетов.

На рис. 2. представлена схема принятия решений и выбора уровня для расчетов выбросов парниковых газов CH_4 и N_2O .

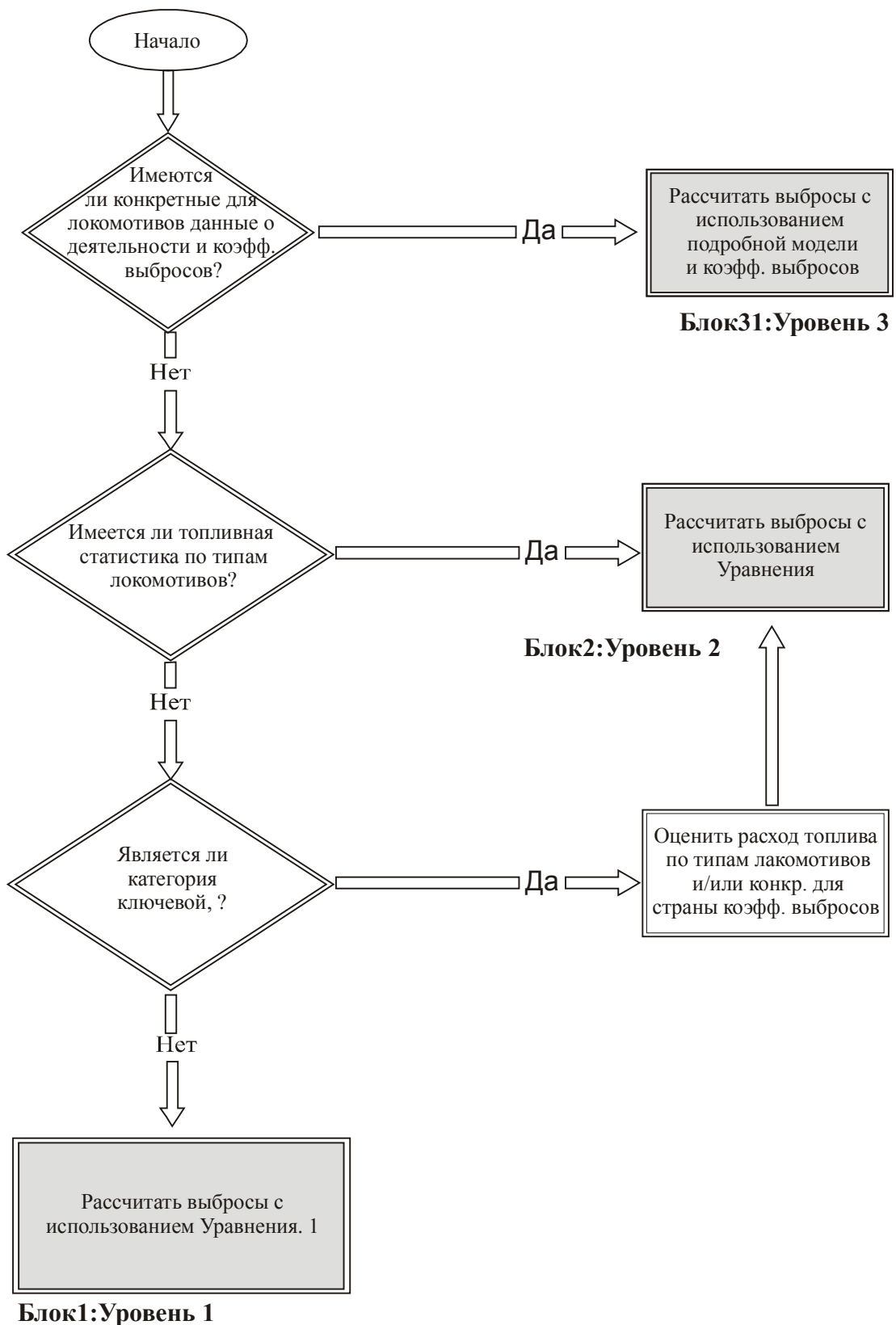


Рис. 2. Схема принятия решений для выбросов CH_4 и N_2O от сжигания топлива при железнодорожных перевозках.

Можно видеть, что здесь возможны расчеты и на третьем уровне, но для этого необходимы конкретные данные для локомотивов, (данные об их деятельности (режиме работы) и коэффициенты выбросов). Таких данных в

Казахстане пока не имеется. Для этого, как видно из схемы на рис. 2, кроме сожженного топлива требуются еще данные о его распределении по типам локомотивов и коэффициенты выбросов для каждого из типов.

Для всех трех уровней расчеты выбросов ПГ ведутся по единой схеме на основе единого уравнения:

$$M_i = m_{\dot{n}} \times k_m \times k_i \times \hat{o} \quad (1)$$

где m_m – количество сожженного топлива тепловозами (потребление топлива тонны);

k_m – переводной множитель, для перевода топлива, тыс.т - терраДжоули ТДж (ед. топлива);

k_i – удельные коэффициенты эмиссий ПГ для данного вида топлива;

Φ – коэффициент (полнота) сгорания топлива, (фракция окисления);

При расчетах по уровню 1, величины коэффициентов k_m , берутся из таблицы 1, а величины коэффициентов k_i из таблицы 2 «по умолчанию».

Таблица 1 Переводные множители для расчета выбросов CO_2 при сжигании дизтоплива тепловозами.

№ n/n	Множители	Величины
1.	Множитель k_m для перевода топлива, тыс.т. в терраДжоули - дизтопливо	42,5
2.	Фракция окисления, Φ для дизтоплива	0,99

Таблица 2 Удельные коэффициенты выбросов ПГ для наиболее распространенных видов топлива для железнодорожного транспорта

Горючее	Дизельное топливо (кг/ТДж)			Полубитуминозный уголь(кг/ТДж)		
	По умолчанию	Нижний	Верхний	По умолчанию	Нижний	Верхний
CO_2	74 100	72 600	74 800	96 100	72 800	100 000
CH_4	4,15	1,67	10,4	2	0,6	6
N_2O	28,6	14,3	85,8	1,5	0,5	5

Коэффициенты выбросов CH_4 и N_2O устойчивы в широком диапазоне технологии эксплуатации тепловозов, но зависят от технологических решений конструкции двигателя. Если такие данные имеются, а они должны

быть, то удельные коэффициенты для них приведены в таблице 3, а сами расчеты уже выполняются по уровню 2. Единицы измерения коэффициентов кг/ТДж.

Таблица 3

Вид двигателя	CH ₄	N ₂ O
Безнаддувный прямой впрыск	0,8	1,0
Турбонаддувный прямой впрыск / Турбонаддувный прямой впрыск с промежуточным охлаждением	0,8	1,0
Безнаддувный прямой предкамерный впрыск	1,0	1,0
Турбонаддувный прямой предкамерный впрыск	0,95	1,0
Турбонаддувный прямой предкамерный впрыск с промежуточным охлаждением	0,9	1,0

Особенности расчетов по уровню 3 ввиду отсутствия на данном этапе необходимых данных у предприятий железных дорог, здесь не излагается.

3.2 Порядок расчетов выбросов ПГ от отопительных устройств вагонов.

Если отопительное устройство работает на солярке, то расчеты выбросов ПГ осуществляются на основе количества сожженного топлива (как для тепловоза).

Отопление вагонов осуществляется, как правило, углем по этому методика расчета выбросов ПГ приводится ниже.

3.2.1. Выбросы CO₂

Основой для расчетов выбросов CO₂ (M_{CO2}) является количество угля, сожженного в отопительном устройстве:

$$M_{CO_2} = m_{\dot{n}} \times k_m \times k_y \times \hat{o} \times \frac{44}{12} \quad (2)$$

где $m_{\dot{n}}$ – количество сожженного топлива тепловозами (потребление топлива тонны);

k_m – переводной множитель, для перевода топлива, тыс.т - терраДжоули Тдж (ед. топлива);

k_y – коэффициент эмиссии углерода;

\hat{o} – коэффициент (полнота) сгорания топлива, (фракция окисления)/

Таблица 4 Коэффициенты для расчета выбросов CO₂ при сжигании угля в отопительных устройствах

№ n/n	Множители	Величины
1.	Множитель k_m для перевода топлива, тыс.т. в терраДжоули - уголь	17,62
2.	Множитель k_s - коэффициент эмиссии углерода T_c (Тдж) - уголь	25,58
3.	Фракция окисления, Φ для угля	0,99

Величины перечисленных выше коэффициентов для угля, используемого в отопительных устройствах, приведены в таблице 4.

Результаты расчетов выбросов CO_2 по каждому вагону затем объединяются в общую таблицу. Возможны расчеты сразу по всему парку вагонов, если использовался уголь одного бассейна, т.е. у которого коэффициент k_m один и тот же.

3.2.1. Выбросы других парниковых газов

Выбросы других парниковых газов CH_4 и N_2O , вообще – то зависят от типа и режима работы отопительных устройств. В данном документе принято, что отопительное устройство работает в оптимальном режиме. Соответственно, удельные коэффициенты выбросов постоянны.

Выбросы i -го парникового газа (M_j) для одного отопительного устройства определяются как:

$$M_j = \sum_1^n m_{jk} \times T_{jk} \times \check{D}R_{jk} \quad (3)$$

где m_{jk} – удельный выброс i -го парникового газа отопительным устройством k ;

T_{jk} – количество сожженного топлива за расчетный период, т;

$\check{P}R_{jk}$ – произведение коэффициентов влияния следующих факторов: технического состояния отопительного устройства (\check{P}) и его возраста (R) на выброс i -го газа;

Для отопительных устройств произведение $\check{P} \times R = 1,0$ независимо от перечисленных факторов.

n – число отопительных устройств.

Далее осуществляется суммирование выбросов i -го газа по всем отопительным устройствам в вагонах данного предприятия.

тепловозами типа k , а затем – выбросов этого же i -го парникового газа тепловозами всех типов, имеющихся в собственности или аренде данного

предприятия на данном предприятии. Величины удельных выбросов приведены в таблице 5.

Таблица 5 Удельные коэффициенты выбросов CH_4 и N_2O при сжигании угля в отопительных устройствах, (кг/ТДж).

Топливо	Парниковые газы	
	CH_4	N_2O
Уголь, ТДж	0,18	0,024

4. ПРИМЕР РАСЧЕТА

А. Выбросы парниковых газов тепловозами.

Пусть имеется предприятие, у которого имеется один тепловоз, при эксплуатации которого за год сожжено 62000 т дизтоплива. Оценим выбросы парниковых газов.

А.1. Ориентируясь по схеме принятия решений (рис. 1.), можно видеть, что выбросы CO_2 можно оценить на уровне 1, поскольку имеется только данные о содержании топлива.

По формуле 1, используя соответствующие коэффициенты из таблицы 1 и 2, найдем выбросы CO_2 :

$$M_{CO_2} = 62,0 \times 42,5 \times 74,1 = 195253,5 \text{ т}$$

Примечание. Для удобства расчетов топливо переведено в тыс.т, а удельный коэффициент выбросов в т/ТДж.

А.2. Найдем величину выбросов CH_4 , используя ту же формулу (1).

$$M_{CH_4} = 62,0 \times 42,5 \times 0,00415 = 10,9 \text{ т}$$

Примечание. Удельный коэффициент выбросов взят из таблицы 2 по умолчанию и переведен в т/ТДж.

А.3. Найдем величину выбросов N_2O :

$$M_{N_2O} = 62,0 \times 42,5 \times 0,00286 = 75,36 \text{ т}$$

Выбросы ПГ от тепловозного парка равны:

$CO_2 - 195\,253,5$ т.

$CH_4 - 10,9$ т.

$N_2O - 75,36$ т.

Примечание. При наличии международных рейсов топливо следует разделить и выполнить расчеты отдельно.

Б. Выбросы парниковых газов от отопления вагонов. Отопление осуществляется углем и его израсходовано 1400 т.

Б.1. Оценим выбросы CO_2 по формуле 2:

$$M_{CO_2} = 1,4 \times 17,62 \times 25,58 \times 0,99 \times \frac{44}{12} = 2281,5 \text{ т}$$

Б.2. Выбросы CH_4 :

$$M_{CH_4} = 1,40 \times 17,62 \times 25,58 \times 0,99 \times 0,18 = 112,45 \text{ т}$$

Б.3. Выбросы N_2O :

$$M_{N_2O} = 1,40 \times 17,62 \times 25,58 \times 0,99 \times 0,024 = 14,99 \text{ т}$$

Выбросы ПГ от сжигания угля для отопления составили:

$CO_2 - 2281,5$ т.

$CH_4 - 112,4$ т.

$N_2O - 15,0$ т.

В. Найдем суммарные выбросы ПГ по предприятию.

Источники	Парниковые газы, т.		
	CO_2	CH_4	N_2O
Тепловоз	195253,5	10,9	75,4
Отопительные устройства	2281,5	112,4	15,0
Всего:	197535,0	123,3	90,4

5. ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЕЙ

Выбросы ПГ тепловозами зависят от режима работы двигателя, а режим работы зависит от нагрузки и уклона пути. К сожалению, эти факторы учесть пока невозможно, как невозможно учесть время холостого хода двигателей

во время стоянок. Перечисленные факторы – источники неопределенностей. Правда, для CO_2 – основного парникового газа, они достаточно хорошо учитываются через количество сожженного топлива. Только при крайних нагрузках на двигатель полнота сгорания топлива уменьшается, что должно приводить к уменьшению выбросов ПГ (но увеличению выбросов загрязняющих веществ, которые здесь не учитываются). Выполненные рядом авторов оценки показывают, однако, что неопределенности в выбросах CO_2 не выходят за 2-3%.

Неопределенности в оценке выбросов CH_4 и N_2O из-за неучета режима работы двигателя примерно такого же порядка.

В методике расчетов для всех типов двигателей тепловозов приняты один и тот же удельные коэффициенты выбросов CH_4 и N_2O , хотя они должны несколько различаться. Пока нет достаточных научных исследований, на основе которых можно было бы взять разные коэффициенты для разных типов двигателей. Неопределенности за счет этого находятся в пределах 1-3 %.

Суммарная неопределенность, возникающая при расчете выбросов ПГ по данной методике не превышает 7%.

Неопределенности в выбросах ПГ отопительными устройствами сильно зависят от полноты сгорания угля, которая может изменяться по разным причинам от 0,99 до 0,80. Это повышает общую неопределенность в выбросах CO_2 до 15-20 %, а CH_4 и N_2O еще выше. Правда, доля выбросов этих газов по сравнению с CO_2 очень невелика.

Список используемых источников.

1. Руководство по инвентаризации атмосферных выбросов./ Совместный отчет ЕМЕП/ CORINAIR, под ред. Г. Макиннеса, изд. Европейского природоохранного агентства, 620 с.
2. ЕЕА ЕМЕП/ CORINAIR, Emission Inventory Guidebook, 2005/
<http://reports.eea.eu.int/emep/corinair/en>
3. ЕЕА ЕМЕП/ CORINAIR, Inventory Review/ - 2005-2008/ - Emission data reported to LRTAP Convention and NEC Directive. ЕМЕП Technical Reports, 2006-2009.
4. Автомобильный транспорт Республики Казахстан ч. 1. 2008 г. /Агентство по статистике. – Астана, 2009.
5. Топливо-энергетический баланс Р.К., часть 2 и 3, 2008 г. / Агентство по статистике. – Астана, 2009.
6. МГЭИК 2006, Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК, 2006 г., Подготовлено Программой МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов, Игглестон Х.С., Буэндиа Л., Мива К., Нгара Т. и Танабе К. (редакторы). Опубликовано: ИГЕС, Япония.
7. Dunn, R. (2001). ‘Diesel fuel quality and locomotive emissions in Canada’. Transport Canada Publication Number Тр 13783е. Выбросы веществ с отработавшими газами тепловозных дизелей. Нормы и методы определения). (1989). Eisenbahntechnische Rundschau
8. ISO 8178-4 (1996). ‘Reciprocating internal combustion engines – Exhaust emission measurement – Part 4: Test cycles for different engine applications.’ Глава 3: Мобильное сжигание топлива Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК, 2006 3.87 VTT (2003).
9. RAILI (2003). ‘Calculation system for Finnish railway traffic emissions VTT building and transport, Finland.’ For information see web site [Hhttp://lipasto.vtt.fi/lipastoe/railie/](http://lipasto.vtt.fi/lipastoe/railie/)
10. TRANS/SC.2/2002/14/Add.1 13 August (2002). Economic commission for Europe. inland transport committee. Working party on rail transport. –productivity in rail transport. Transmitted by the international union of railways (UIC).
11. UNECE (2002). ‘Productivity in rail transport UN Economic Commission For Europe, Inland Transport Committee Working Party on Rail Transport.’ (Fifty-sixth session, 16-18 October 2002, agenda item 15) Transmitted by the International Union of Railways (UIC) TRANS/SC.2/2002/14/Add.1
12. USEPA (1998) [Hhttp://www.epa.gov/fedrgstr/EPA-AIR/1998/October/Day-23/a24836.htm](http://www.epa.gov/fedrgstr/EPA-AIR/1998/October/Day-23/a24836.htm)
13. USEPA (2005a). NONROAD 2005 Model, For software, data and information. see website: [Hhttp://www.epa.gov/otaq/nonrdmdl.htm](http://www.epa.gov/otaq/nonrdmdl.htm)
14. USEPA (2005b). User’s Guide for the Final NONROAD2005 Model. Environment Protection Agency, Report EPA420-R-05-0, 13 December 2005, HWashingtonH DC, USA.