

НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ МЕТОДИК ОЦЕНКИ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Для получения точной и надежной информации о состоянии окружающей среды необходима достоверная оценка выбросов в атмосферу загрязняющих веществ (ЗВ). Применение известных международных методик оценки выбросов ЗВ в транспортном секторе позволит улучшить их точность и достоверность. Одним из крупных источников выбросов в атмосферу ЗВ и парниковых газов является железнодорожный транспорт, поэтому важно идентифицировать основные источники выбросов ЗВ и использовать соответствующие методики оценки, с учетом их общей неопределенности. Приведены оценки общей неопределенности и ее основных составляющих для разработанных методик оценки выбросов ЗВ от железнодорожного транспорта, которые базируются на положениях национальных, отраслевых и международных методик оценки выбросов в атмосферный воздух ЗВ.

неопределенность, измерение, загрязняющие вещества, парниковые газы

Введение. Для получения точной и надежной информации о состоянии окружающей среды необходима достоверная оценка выбросов в атмосферный воздух ЗВ. Выбросы в атмосферу оксидов азота (NO_x), оксида углерода (СО), углеводородных соединений (СН) приводят как к локальному загрязнению атмосферы вредными газами, так и влияют на глобальное изменение климата на Земле. Поэтому указанные газы относятся также и к парниковым газам (ПГ).

Отрицательное влияние транспорта на состояние атмосферного воздуха продолжает увеличиваться, о чем свидетельствуют научные исследования, проведенные в странах Западной Европы, США, Канады и других развитых странах. В постсоветских странах, в отличие от стран Западной Европы, до сих пор остается большим загрязнителем атмосферного воздуха железнодорожный транспорт (ЖТ) [1 – 3].

В странах Западной Европы транспорт – второй по величине потребитель энергии и крупный источник выбросов ЗВ, а также диоксида углерода (CO_2) – основного ПГ. До 2010 г. в этих странах ожидается дальнейшее увеличение спроса на транспорт: грузовой – на 38%, а легковой – на 24%, поэтому ситуация с загрязнением атмосферы будет и дальше усугубляться. Частица транспорта в потреблении энергии в странах Центральной и Восточной Европы и СНГ сейчас значительно ниже. Существует также значительная разница использования энергии на транспорте в расчете на одного человека в разных регионах.

В связи с этим на современном этапе значительно повышается роль достоверного учета выбросов ЗВ от транспорта, в частности железнодорожного. При этом важным элементом методик оценки выбросов становится достоверность и учет неопределенности всех используемых в ней составляющих.

1. Основные подходы к оценке выбросов загрязняющих веществ в транспортном секторе. Достоверная оценка объемов выбросов NO_x , СО, СН в транспортном секторе, который вносит существенный вклад в общие выбросы указанных газов и имеет тенденцию к постоянному увеличению, позволяет определить реальные масштабы их влияния на экологическое состояние как на региональном, так и глобальном уровнях.

Постсоветские страны имеют свои существенные отличия развития транспортного сектора, что и определяет свои особенности выбросов ЗВ в атмосферу. Пока еще не так, как в западных странах, развиты автомобильный и авиационный виды транспорта, хотя остается значительной роль ЖТ, для которого, в частности, необходимо учитывать особенности выбросов при грузовых и пассажирских перевозках.

При проведении ежегодных оценок выбросов ЗВ основой для исследований являются статистические данные национального и ведомственного уровней. При проведении необходимых расчетов и моделирования оценивается также степень доступности данных, соответствие методик их сбора международной практике, их достоверность и неопределенность.

Результаты оценок могут быть использованы при подготовке ежегодных инвентаризаций выбросов ПГ и очередных национальных сообщений по вопросам изменения климата, которые представляют страны (в частности, Украина) на выполнение своих обязательств по Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК ООН).

Анализ проведенных инвентаризаций ПГ и национальных сообщений указанных стран показывает, что вопросам транспортного сектора уделяется недостаточно внимания. Так, например, существу-

ющие инвентаризации не имеют полноценных данных и оценок в сфере железнодорожного и авиационного транспорта, недостаточно проработаны вопросы инвентаризации и в сферах автомобильного, морского и речного транспорта.

Такое состояние дел не дает объективной картины выбросов ПГ в транспортном секторе, не позволяет детально оценить тенденции их изменения в будущем и, соответственно, не дает возможности сделать необходимые выводы и установить задания для улучшения существующей ситуации.

Усредненная эффективность использования энергии на транспорте в 1990 – 1999 гг. в странах Европейского Союза (ЕС) была такой: для воздушного (в некоторых странах ЕС) – 0,14; для автомобильного – 0,04; для железнодорожного – 0,02 килотон условного топлива на пассажира-километр [4].

Для решения указанных проблем необходимо проведение специальных исследований возможности гармонизации на национальном уровне методик оценки выбросов в атмосферу ЗВ (ПГ) на транспорте с современными методиками международных организаций и специализированных международных групп экспертов (например, системы CORINAIR, документов Международной группы экспертов по вопросам изменения климата, МГЕЗК – IPCC) [5 – 7].

В соответствии с рекомендациями МГЕЗК и РКИК ООН при оценке выбросов ПГ и подготовке странами-участницами этой Конвенции ежегодных инвентаризаций (кадастров) антропогенных выбросов ПГ учитываются такие газы: CO₂, метан (CH₄), диоксид азота (N₂O), CO, NO_x, а также диоксид серы (SO₂).

Применение известных международных методик оценки выбросов ЗВ в транспортном секторе в разных его видах, основанных на использовании статистических данных о потреблении топлива, их апробация с использованием различных подходов позволит значительно улучшить состояние дел с достоверной оценкой выбросов ЗВ (ПГ) [8, 9].

2. Методика оценки выбросов загрязняющих веществ мобильными источниками ЖТ. Железнодорожный транспорт является значительным потребителем ископаемого топлива и крупным источником выбросов ЗВ и ПГ в атмосферу. Поэтому важно идентифицировать основные источники выбросов ЗВ от ЖТ и использовать соответствующие методы оценки этих выбросов [10, 11].

В транспортной системе Украины ведущую роль занимает ЖТ, так как с его помощью выполняется приблизительно 2/3 общего объема грузооборота и почти 1/2 общего пассажирооборота. При этом ЖТ занимает второе место после автомобильного транспорта по объемам выбросов ЗВ, ПГ и других вредных газов.

Выбросы ЗВ от транспортных средств практически полностью зависят от количества использован-

ного топлива. Важно идентифицировать основные источники их выбросов и определить пути их уменьшения. В частности, в Украине на мобильные источники (МИ) ЖТ приходится 85% общего объема выбросов, а 15% – на стационарные источники.

При сжигании топлива с отработанными газами дизельных локомотивов выделяется 97 – 98% токсических веществ (CO, NO_x, SO₂ и т. д.) от общих выбросов ЗВ. Среди других источников загрязнения атмосферы есть и пассажирские вагоны, отопление которых осуществляется углем или торфяными брикетами.

Объемы выбросов ЗВ от МИ, например, тепловозов, определяют на основе его токсичной характеристики, то есть зависимости концентрации ЗВ от нагрузки на коленчатом валу дизеля и объема ОГ, в том или другом режиме работы двигателя. Анализ токсичности тепловозных дизелей показывает, что выбросы CO и NO_x превышают установленные нормативные показатели при работе дизеля в зонах малых и минимальных нагрузок.

Оценка выбросов ЗВ от дизелей ЖТ МИ в атмосферный воздух осуществляется с использованием установленных в стране статистических форм. Разработана методика оценки выбросов ЗВ МИ ЖТ (далее – Методика) [12], которая базируется на положениях национальных, отраслевых и международных методик оценки выбросов ЗВ (в том числе и ПГ) в атмосферный воздух, в частности Руководства ЕМЕП/ CORINAIR [5], Руководства МГЭИК 1996 г. (IPCC-96) [6].

На основе указанной Методики может базироваться мониторинг выбросов ЗВ на ЖТ, который обеспечит получение более достоверных результатов оценки выбросов ЗВ, являющихся основой для принятия необходимых решений и осуществления природоохранных мероприятий.

Методика включает три различные методики оценки выбросов ЗВ от дизельных двигателей МИ ЖТ (магистральных и маневровых локомотивов, автомотрис и т. п.), находящихся в эксплуатации. Методики применяются в зависимости от существующих статистических данных относительно потребления топлива, деятельности для обеспечения грузовых и пассажирских перевозок, установленных эксплуатационных характеристик для разных типов МИ ЖТ, а также для разных уровней обобщения имеющихся данных (национальном, региональном, местном).

3. Общие подходы к оценке неопределенности методик оценки выбросов ЗВ. Руководство IPCC-96 [6] касается оценки выбросов ПГ и содержит разделы по оценке неопределенностей, в которых определены ее основные источники и методики их оценки. Основными составляющими общей неопределенности есть неопределенности, связанные с ко-

эффициентами выбросов ПГ и данными об определенной деятельности.

Общая неопределенность рассчитывается как

$$U_T = \sqrt[4]{(U_E^2 + U_A^2)}, \quad (1)$$

где U_E – неопределенность, связанная с коэффициентом выбросов ПГ; U_A – неопределенность, связанная с данными о деятельности при условии, что $|U_E|, |U_A| < 60 \%$.

Руководство IPCC-2000 [7] рекомендует использовать 95% доверительный интервал и определяет такие составляющие неопределенности, которые имеют либо случайный, либо систематический характер:

погрешности результатов измерений, записывания и передачи информации;

погрешности, связанные с конечными аппаратными решениями;

погрешности результатов измерений и неточности справочных данных;

неточности постоянных значений и других параметров, полученных с внешних источников, которые используются в алгоритме обработки данных;

аппроксимации и допущения, принятые в методах измерений и процедуре оценки результатов;

изменения в повторяемых наблюдениях за выбросами или при объединении величин с предположительно идентичными условиями.

В этом случае IPCC-2000 регламентируется применение оценки неопределенности по типу А в соответствии с Руководством GUM-93 [13] с использованием уравнения:

$$U_{total} = \frac{\sqrt{(U_1 \cdot x_1)^2 + (U_2 \cdot x_2)^2 + \dots + (U_n \cdot x_n)^2}}{x_1 + x_2 + \dots + x_n}, \quad (2)$$

где U_{total} – неопределенность в частицах от суммы величин (половина 95% доверительного интервала, поделенная на сумму, т.е. средняя величина), %; x_i и U_i – соответственно величины и связанные с ними неопределенности, %.

При невозможности использования статистической обработки для оценки неопределенности, указанным Руководством регламентируется применение оценки неопределенности по типу В (GUM-93) [13], которая рассчитывается по формуле:

$$U_{total} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2}, \quad (3)$$

где U_{total} – неопределенность произведения величин (половина 95% доверительного интервала, поделенная на сумму), %; U_i – неопределенности, связанные с каждой учитываемой величиной, %.

Более детально оценка неопределенности с применением международных экологических руководств описана в [14 – 16].

4. Неопределенность методик оценки выбросов загрязняющих веществ. Оценка общей не-

определенности и ее составляющих производится с учетом обобщенной методики, изложенной в [16].

Методика оценки выбросов ЗВ с использованием данных общего потребления топлива и обобщенных коэффициентов выбросов ЗВ. Методика оценки выбросов ЗВ от дизельных двигателей МИ ЖТ с использованием данных общего потребления топлива и обобщенных коэффициентов выбросов ЗВ (Методика 1) предусматривает расчет выбросов в атмосферу таких ЗВ: NO_x , CO, CH_4 , CO_2 , летучих неметановых органических соединений (ЛНОС), ЛОС и твердых частиц. Выбросы SO_2 рассчитываются с использованием данных о потреблении топлива и содержания серы в топливе.

Методика 1 является усредненной для всех типов двигателей и видов топлива и обеспечивает довольно приближительные расчеты. При этом необходимо применение конечных данных, которые в значительной мере определяют требования к классификации источников.

Выбросы ЗВ ($V_{ЗВ_i}$, г) от МИ ЖТ равны

$$V_{ЗВ_i} = \sum_i (K_i \cdot \Pi), \quad (4)$$

где i – вид компонента ЗВ (NO_x , CO, CH_4 , CO_2 , ЛНОС, ЛОС); K_i – коэффициент выбросов ЗВ i на единицу топлива, г/кг; Π – затраты топлива, кг.

Коэффициенты выбросов ЗВ (K_i) для МИ ЖТ выбирают из табл. 1.

Таблица 1

Коэффициенты выбросов ЗВ для дизельных двигателей МИ ЖТ, г/кг топлива

Загрязняющее вещество	K_i
NO_x	39,6
CO	10,7
CH_4	0,18
ЛНОС	4,65

Коэффициенты выбросов ЗВ для конкретного типа МИ ЖТ, находящегося в эксплуатации на железных дорогах Украины, выбирают из табл. 2. Эти коэффициенты рассчитаны в соответствии с требованиями ГСТУ 32.001 [17].

Таблица 2

Коэффициенты выбросов ЗВ для конкретных типов МИ ЖТ, г/т топлива

Тип МИ ЖТ	Вид выполняемой работы	K_i		
		NO_x	CO	C_xH_y
2ТЕ116	1	0,075	0,050	0,019
2ТЕ10	1	0,070	0,047	0,018
ТЕП60	1	0,068	0,045	0,017
ТЕП70	1	0,075	0,050	0,019
М62	1	0,058	0,039	0,014
ТЕЗ, ТЭ7	1	0,064	0,043	0,016
ЧМЕЗ	2	0,074	0,049	0,019
ЧМЕЗ	3	0,076	0,051	0,019
ТЕМ2	2	0,073	0,049	0,018

ТЕМ2	3	0,067	0,045	0,017
------	---	-------	-------	-------

1 – магістральна; 2 – вьездна; 3 – маневрова

Для Методики 1 основними составляющими неопределенности являются:

данные статистической системы о затратах топлива ($\pm 5 - 10\%$);

данные прямых измерений и их повторяемость ($\pm 5\%$);

значение коэффициента выбросов ЗВ (с учетом углеродистого содержания CO_2 в топливе и фракции окисления CO_2 топлива), повторяемость измерений ($\pm 5\%$);

перевод единиц коэффициента выбросов для CO_2 в единицы данных о деятельности ($\pm 1\%$);

расчетные методы, аппроксимации и допущения ($\pm 6\%$);

значение коэффициента выбросов ЗВ (с учетом углеродистого содержания газов, иных, чем CO_2 (не- CO_2) в топливе и фракции окисления не- CO_2 топлива), повторяемость измерений ($\pm 10\%$);

перевод единиц коэффициента выбросов для не- CO_2 в единицы данных о деятельности ($\pm 1\%$);

расчетные методы, аппроксимации и допущения ($\pm 6 - 9\%$).

Общая неопределенность Методики 1 оценивается значением от 16 до 19 %.

Методика оценки выбросов ЗВ с использованием данных о деятельности для грузовых и пассажирских перевозок. Методика оценки выбросов ЗВ от МИ ЖТ с использованием данных о деятельности для грузовых и пассажирских перевозок (Методика 2) предусматривает определение выбросов в атмосферу таких ЗВ: углеводные (C_xH_y), CO , NO_x . Для оценки выбросов ЗВ по Методике 2 применяют статистические данные об использовании МИ ЖТ для грузовых и пассажирских перевозок.

Выбросы ЗВ ($V_{ЗВ_i}$, т) от МИ ЖТ равны

$$V_{ЗВ_i} = \sum_i \frac{(D_f \cdot K_{f_i}) + (D_p \cdot K_{p_i})}{10^6}, \quad (5)$$

где i – тип ЗВ (C_xH_y , CO , NO_x); D_f – данные о деятельности для грузовых перевозок МИ ЖТ, т·км; D_p – данные о деятельности для пассажирских перевозок МИ ЖТ, п·км; K_f – коэффициент выбросов ЗВ для грузового транспорта, г/т·км; K_p – коэффициент выбросов ЗВ для пассажирского транспорта, г/п·км.

Используют коэффициенты выбросов ЗВ для грузовых и пассажирских перевозок МИ ЖТ, приведенные в табл. 3. Коэффициенты выбросов ЗВ даются в граммах на тонна-километр (г/т·км) для грузовых перевозок МИ ЖТ и в граммах на пассажиро-километр (г/п·км) для пассажирских перевозок МИ ЖТ.

Таблица 3

Коэффициенты выбросов ЗВ для грузовых и пассажирских перевозок ЖТТС

Коэффициент выбросов	Загрязняющее вещество		
	NO_x	CO	C_xH_y

K_f , г/т·км	1,507	0,342	0,137
K_p , г/п·км	0,975	0,22	0,086

Для Методики 2 основными составляющими неопределенности являются:

данные статистической системы о деятельности для пассажирских и грузовых перевозок ($\pm 5 - 10\%$);

значение коэффициентов выбросов ЗВ для пассажирского транспорта, повторяемость измерений ($\pm 5\%$);

значение коэффициентов выбросов ЗВ для грузового транспорта, повторяемость измерений ($\pm 5\%$);

перевод единиц коэффициента выбросов ЗВ в единицы данных о деятельности, расчетные методы ($\pm 5\%$).

Общая неопределенность Методики 2 оценивается значениями от 10 до 13%.

Методика оценки выбросов ЗВ с использованием данных об эксплуатации мобильных источников. Методика оценки выбросов ЗВ от МИ ЖТ, находящихся в эксплуатации, использует данные об их эксплуатации (Методика 3).

Выбросы ЗВ ($E_{ЗВ_i}$) от дизелей двигателей МИ ЖТ рассчитываются по следующей формуле, г:

$$E_{ЗВ_i} = N \cdot T \cdot M \cdot L \cdot K_i, \quad (6)$$

где i – вид компонента ЗВ (например NO_x , CO , C_xH_y); N – количество транспортных единиц; T – количество рабочих часов в год; M – средняя мощность, кВт; L – типовой коэффициент загрузки; K_i – средняя величина выбросов $ЗВ_i$ на единицу измерения, г/кВт·час.

N классифицируют по сроку эксплуатации и мощности; T определяют для каждого типа МИ ЖТ в зависимости от индивидуального режима работы и срока эксплуатации; L для МИ ЖТ рекомендуется использовать согласно ISO 8178-4 [18]: для номинальных оборотов – 0,25; для промежуточных оборотов – 0,15; для режима холостого хода – 0,6. K_i для каждого ЗВ зависит от срока эксплуатации и мощности дизельного двигателя.

Концентрации среднеэксплуатационных удельных выбросов ЗВ МИ ЖТ определяются ГСТУ 32.001 и приведены в Методике (табл. 4). Коэффициенты выбросов ЗВ для конкретных типов МИ ЖТ с учетом типа и мощности дизельного двигателя приведены в табл. 5.

Для Методики 3 основными составляющими неопределенности являются:

данные статистической системы о количестве транспортных единиц и их эксплуатации в пересчете на год ($\pm 5\%$);

средняя мощность, полученная путем применения коэффициента перевода из одного вида деятельности в другой – данные прямых измерений и их повторяемость ($\pm 5 - 7\%$);

типовой коэффициент загрузки, полученный расчетным методом ($\pm 1\%$);

значение средней величины выбросов ЗВ на единицу измерения – расчетный метод и повторяемость измерений ($\pm 5 - 6\%$).

Общая неопределенность Методики 3 оценивается значением от 9 до 11%.

Таблица 4

Концентрации среднеэксплуатационных удельных выбросов ЗВ в ОГ МИ ЖТ

Название загрязняющего вещества	Нормы выбросов дизельных двигателей МИ ЖТ, г/кВт·час	
	в эксплуатации до 2-х лет	в эксплуатации больше 2-х лет
Оксиды азота (в пересчете на N ₂ O)	18	18
Оксид углерода (CO)	10	12
Углеводные (CH)	4	4,5

Таблица 5

Коэффициенты выбросов загрязняющего вещества для МИ ЖТ

Тип МИ ЖТ	Тип дизеля	Мощность, кВт	Определенное потребление дизельного топлива, кг/кВт·час	Выбросы ЗВ, г/кВт·час		
				NO _x	CO	CH
2TE116	1A-5D49	2·2250	0,214	16,05	10,70	4,07
2TE10M	10D100	2·2200	0,226	15,82	10,62	4,07
TEP60	11D45	2200	0,236	16,05	10,62	3,84
TEP70	2A-5D49	2550	0,211	15,83	10,55	4,01
2M62	14D40	2·1470	0,231	13,40	9,01	3,23
ГЭ7	2D100	1470	0,242	15,49	10,41	3,87
ЧМЕЗ	K6S310DR	994	0,227	17,25	12,34	4,31
ТЕМ2	D50	882	0,227	15,21	10,22	3,86
Среднее значение:				15,64	10,57	3,91

Таблица 6

Комбинированная стандартная неопределенность методов расчета выбросов ЗВ

Составляющая (y)	Источник	Распределение	Стандартная неопределенность (оценка)	Комбинированная стандартная неопределенность
Данные о деятельности	Данные статистической системы (например, тонн)	Нормальное	± 5%	± 6,6%
	Данные прямых измерений (например, кг или т)	Нормальное	± 3%	
	Коэффициент перевода из одного вида деятельности в другой (например, тонны в ГДж, кВт в ГДж)	Нормальное	± 1%	
	Аппроксимации и допущения	Нормальное	± 2%	
	Программное обеспечение и расчетные методы	Нормальное	± 0,5%	
	Повторяемость измерений	Нормальное	± 2%	
Коэффициент выбросов ЗВ	Углеродистое содержание CO ₂ в топливе (кг CO ₂ /л или г CO ₂ /км)	Нормальное	± 2%	± 7,7%
	Фракция окисления CO ₂ топлива	Нормальное	± 2%	
	Углеродистое содержание не-CO ₂ в топливе (кг не-CO ₂ /л или г не-CO ₂ /км)	Нормальное	± 5%	
	Фракция окисления не-CO ₂ топлива	Нормальное	± 5%	
	Перевод единиц коэффициента выбросов в единицы данных о деятельности (например, из кг/ГДж в г/км)	Нормальное	± 1%	
	Программное обеспечение и расчетные методы	Нормальное	± 0,5%	
	Повторяемость измерений	Нормальное	± 0,5%	

5. Сравнение неопределенностей методик оценки выбросов загрязняющих веществ. В табл. 6 [16] показаны основные составляющие обобщенной комбинированной стандартной неопределенности оценки выбросов ПГ в странах с хорошо развитой статистической системой.

Общая неопределенность национальных инвентаризаций укладывается в 20% при 95% доверительном интервале. Руководство IPCC-96 [6] предлагает для коэффициента выбросов ЗВ и данных о деятельности для CO₂ значение неопределенности ± 7%, а значение обобщенной неопределенности – ± 10%.

Результат вычисления неопределенности с учетом погрешности данных о деятельности в развитых

странах, наиболее вероятно, находится в диапазоне ± 5% для определенного вида топлива. Для стран с переходной экономикой эти же значения должны составлять около ± 10%. Статистические данные о потреблении топлива крупными источниками в результате прямых измерений или обязательных отчетов, наиболее вероятно находятся в пределах ± 3%.

Неопределенность коэффициента выбросов для CO₂ находится в пределах ± 5%, поскольку зависит только от содержания углерода в топливе и фракции окисления. Для конкретного вида топлива неопределенность коэффициента выбросов ЗВ, в основном, зависит от двух главных элементов: точности, с которой измерены значения составляющих для вычис-

лення коефіцієнта; непостоянства источников поставки топлива и его качества.

Типично неопределенность коэффициента выбросов для CO₂ меньше и составляет ± 2%. В то же время, неопределенность коэффициентов выбросов не-CO₂ гораздо больше, так как даже само значение коэффициент выбросов (например, для CH₄ и, особенно N₂O) колеблется в довольно широких пределах (иногда до 30 – 50%).

В табл. 7 приведены оценки значений общей неопределенности (U_{total}) рассмотренных методик оценки выбросов ЗВ.

Таблица 7
Общая неопределенность методик оценки выбросов ЗВ

Методика	U _{total} , %
Методика 1	16 – 19
Методика 2	10 – 13
Методика 3	9 – 11

Выводы.

1. Основными составляющими общей неопределенности для оценки выбросов ЗВ (ПГ) являются неопределенность данных о деятельности и неопределенность коэффициента выбросов ЗВ (ПГ).

2. Методика 1 оценки выбросов ЗВ является обобщенной, содержит много составляющих неопределенности и может применяться при отсутствии других более точных данных, так как значение ее общей неопределенности достигает 19%. Методика 1 может применяться на национальном и локальном уровнях для более грубых оценок выбросов ЗВ.

3. Методика 2 оценки выбросов ЗВ, в частности, включает неопределенность коэффициентов выбросов ЗВ для грузовых и пассажирских перевозок, которые являются значительными, особенно для не-CO₂, поэтому ее общая неопределенность достигает 13%. Методику 2 целесообразно применять на национальном уровне.

4. Методика 3 оценки выбросов ЗВ использует довольно детальные данные о деятельности и, при наличии множества составляющих неопределенности, имеет сравнительно небольшое значение общей неопределенности. Поэтому Методика 3 является наиболее предпочтительной для получения сравнительно точных оценочных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корчевой Ю.П., Величко О.М., Вольчин И.А., Гордієнко Т.Б. Тенденції зміни викидів парникових газів у Європі у 1990–2000 рр. // Экологические и ресурсосберегающие. – 2002. – № 2. – С. 55-61.

2. Величко О.Н. Оценка выбросов оксидов азота, оксида углерода и углеводородных в атмосферный воздух в транспортном секторе // Тез. докл. Междунар. НПК

“Проблемы и перспективы развития трансп. системы и строит. комплекса”. – Гомель, 2003. – Ч. II. – С. 154-155.

3. Величко О.М. Методики оцінки викидів парникових газів на залізничному транспорті та їх застосування // 36. наук. праць. – К.: КУЕТТ, 2003. – Вип. 3. – С. 141-150.

4. ODYSSEE database. ADEME/SAVE project on energy efficiency indicators. – ODYSSEE, 2002.

5. Joint EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook. – 3rd Edition, September 2003 Update. – EEA. – Copenhagen, 2003.

6. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. – Vol. 1-3. – IPCC/OECD/IEA, Revised. – 1996.

7. IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. – IPCC. – Switzerland, 2000.

8. Величко О.М., Гордієнко Т.Б. Міжнародна стандартизація методик оцінки антропогенних викидів парникових газів // 36. наук. праць. – К.: КУЕТТ, 2003. – Вип. 4. – С. 249-255.

9. Величко О.М., Гордієнко Т.Б. Оцінка викидів парникових газів у транспортному секторі // Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля. – 2003. – № 10 (68), ч. 2. – С. 31-34.

10. Величко О.М. Викиди парникових газів на залізничному транспорті та шляхи їх зменшення // 36. наук. праць КУЕТ. – К.: КУЕТ, 2003. – Вип. 1-2. – С. 169-173.

11. Джерела викидів шкідливих газів в атмосферне повітря на залізницях України / О.М. Величко, Т.Б. Гордієнко та ін. // 36. наук. праць КУЕТ. – К.: КУЕТ, 2004. – Вип. 6. – С. 174-187.

12. Величко О., Гордієнко Т., Кулешов В. Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин від залізничних тягових транспортних засобів // 36. наук. праць КУЕТ. – К.: КУЕТ, 2005. – Вип. 8. – С. 202-207.

13. Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM 1993): First edition. – ISO. – Switzerland, 1993. – 101 p.

14. Velychko O., Gordiyenko T. Peculiarities of using metrological terms and SI units in environmental guides // Joint International IMEKO TC1+TC7 Symposium “Metrology and Measurement Education in the Internet Era”. – Ilmenau, Germany, 2005 (September 21–24). – P. 124-127.

15. Величко О.М., Гордієнко Т.Б. Застосування невизначеності вимірювань у міжнародних керівництвах з інвентаризації парникових газів // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2005. – № 4. – С. 36-41.

16. Gordiyenko T., Velychko O. Peculiarities of Using Uncertainty in Environmental Guides // AMUEM 2006. – International Workshop on Advanced Methods for Uncertainty Estimation in Measurement. – Sardinia, Trento, Italy, 2006 (20–21 April). – CD. – 5 p.

17. ГСТУ 32.001-94. Викиди забруднюючих речовин з відпрацьованими газами тепловозних дизелів. Норми і методи визначення.

18. ISO 8178-4:1996. Reciprocating internal combustion engines. – Exhaust emission measurement – Part 4: Test cycles for different engine applications.

Поступила 20.03.2006

Рецензент: д-р техн. наук, проф. И.В. Руженцев, Харьковский национальный университет радиоэлектроники.

