

В. М. ОВЧИННИКОВ, профессор; В. А. ХАЛИМАНЧИК, ст. преподаватель; В. В. СКРЕЖЕНДЕВСКИЙ, ст. преподаватель; С. Р. ТИМОФЕЕНКО, старший научный сотрудник, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель; Т. В. ТЕСЛЮК, ведущий инженер по экологии службы технической политики и инвестиций Белорусской железной дороги

РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Изложены основные результаты научной и практической работы НИЦ ЭиЭТ в области охраны окружающей среды. Представлены результаты теоретических исследований загрязнения атмосферного воздуха отработавшими газами тепловозов и уточненная методика расчета валового выброса вредных веществ с отработавшими газами тепловозов. Предложены способ снижения загрязнения приземного слоя воздуха отработавшими газами при реостатных испытаниях тепловозов и методики расчета вредных веществ от ряда типичных для железнодорожного производства технологических процессов.

Научно-исследовательский центр экологической безопасности и энергосбережения на транспорте (НИЦ ЭиЭТ) БелГУТа проводит теоретические и прикладные исследования в области охраны окружающей среды. К теоретическим исследованиям можно отнести: разработку математической модели экологических характеристик дизельного двигателя как источника загрязнения атмосферного воздуха и разработку диагностической модели тепловозного дизеля с учетом его экологических характеристик.

Прикладные исследования направлены на снижение загрязнения атмосферного воздуха отработавшими газами тепловозов и утилизацию отходов локомотивного хозяйства (ремонтного производства), снижение расхода топлива транспортными силовыми установками.

1 Теоретические исследования

Исследование загрязнения атмосферы отработавшими газами тепловозов на различных режимах движения. Тепловозы традиционно относят к передвижным источникам загрязнения атмосферы. Однако можно выделить два основных режима загрязнения атмосферы тепловозом: движение и стоянка. Очевидно, что во время стоянки тепловоза с работающим дизелем загрязнение атмосферы идентично стационарному точечному источнику.

Для определения загрязнения атмосферы при движении поезда можно предложить следующую расчетную схему. Движущийся точечный источник (тепловоз) заменяется совокупностью отдельных стационарных площадных источников, расположенных по оси железнодорожного пути. Длина отдельного площадного источника, в зависимости от режима движения, выбирается таким образом, чтобы в пределах одного источника мощность выброса пренебрежимо мало изменялась. Поскольку на отдельно взятом участке движения (территории

одного площадного источника) тепловоз выбрасывает вредные вещества в течение очень малого промежутка времени, максимальная мощность выброса соответствующей примеси (г/с) каждого площадного источника усреднена к 20-минутному интервалу времени в соответствии с [1] и названа расчетным массовым выбросом. Вся совокупность площадных источников рассматриваемого участка движения действует с расчетным массовым выбросом одновременно.

Рассмотрим два случая движения поезда в режиме тяги: движение с постоянной скоростью и трогание с последующим разгоном поезда.

В первом случае для исследования загрязнения атмосферы значение скорости выбрано на основании анализа распределения технической скорости движения грузовых поездов [2]. Наиболее вероятными значениями оказались 45–50 км/ч. Для расчета принято значение скорости движения 45 км/ч, поскольку при меньшей скорости вредное воздействие на окружающую среду значительно. Значение 10-й позиции контроллера машиниста (ПКМ) выбрано по результатам химического анализа отработавших газов тепловозов [3]. Моделировалось рассеивание вредных веществ в атмосферу с отработавшими газами тепловоза серии 2ТЭ10 как наиболее массового грузового тепловоза Белорусской железной дороги.

Расчеты максимальных приземных концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе выполнены на ПЭВМ IBM PC по унифицированной программе расчета загрязнения атмосферы (УПРЗА) "Эколог" (версия 1.32).

Расчет выполнен для наиболее опасного компонента отработавших газов дизеля – оксида азота в пересчете на диоксид азота. Результаты расчета максимальных приземных концентраций представлены на рисунке 1.

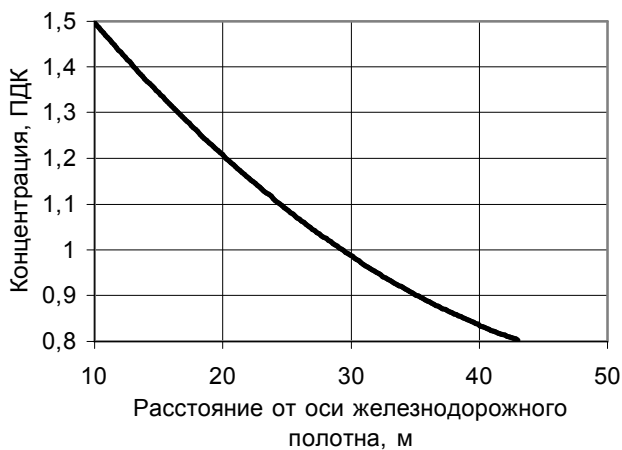


Рисунок 1 – Зависимость концентрации диоксида азота от расстояния до оси железнодорожного полотна при движении тепловоза 2ТЭ10 с постоянной скоростью (45 км/ч) в режиме тяги на 10-й ПКМ

В втором случае (при трогании с последующим разгоном поезда) рассмотрен участок движения тепловоза длиной 304 м (рисунок 2). При этом длина каждого из 38 площадных источников принята равной 8 м. Для каждого источника (элементарного участка движения) значение средней скорости движения принято из кривой разгона поезда, полученной в результате выполнения тягового расчёта. Тяговые расчёты выполнены в соответствии с правилами тяговых расчетов [4] с использованием пакета программ “АРМ – Тяговые расчёты” [5]. При этом принято, что трогание и разгон поезда осуществляются на площадке, масса состава – 5000 т, осевая нагрузка – 17,5 т/ось, все вагоны четырехосные на подшипниках качения. Сделано допущение, что тепловоз реализует максимальную мощность двигателя с момента трогания – работает на 15-й позиции контроллера машиниста. Таким образом, смоделированы самые неблагоприятные по загрязнению атмосферы условия движения.

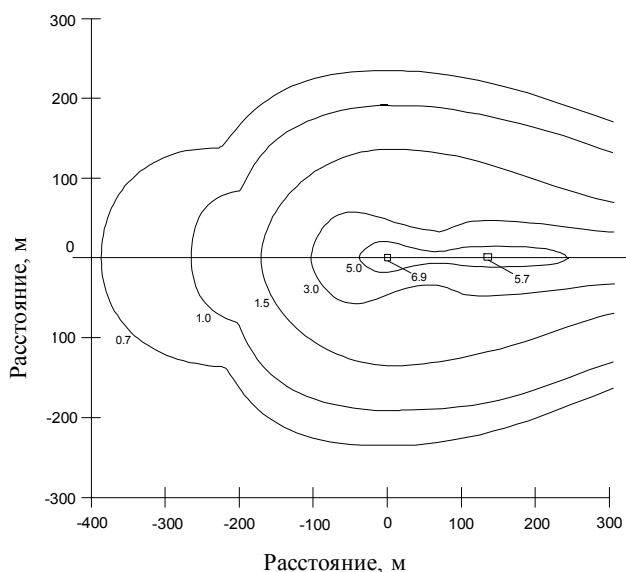


Рисунок 2 – Изолинии максимальных приземных концентраций диоксида азота (в долях ПДК) при трогании и разгоне состава массой 5000 т тепловозом 2ТЭ10 на 15-й ПКМ

На рисунках 1 и 2 ось железнодорожного пути совпадает с абсциссой, проходящей через начало координат. На рисунке 2 точка, из которой начинается движение тепловоза во главе поезда, совпадает с началом координат.

Движение тепловоза с постоянной скоростью 45 км/ч в режиме тяги соответствует 10-й ПКМ. Зона с уровнем загрязнения более 1 ПДК вытянута вдоль оси железнодорожного пути и заканчивается на расстоянии около 30–35 м в направлении, перпендикулярном оси железнодорожного пути. Максимальная концентрация этого ингредиента, составляющая 2,26 ПДК, наблюдается на оси железнодорожного пути, когда направление ветра совпадает с ней при скорости ветра 0,8 м/с.

Можно заключить, что наиболее опасным в экологическом отношении режимом движения тепловоза является разгон поезда. В этом случае при неблагоприятных условиях рассеивания (скорость ветра 1,2 м/с, навстречу движению поезда) максимальная концентрация диоксида азота в точке начала движения может достигать 6,9 ПДК. В направлении, противоположном движению поезда, вдоль оси железнодорожного пути изолиния концентрации 1 ПДК проходит на расстоянии 260–280 м, в направлении, перпендикулярном движению, – на расстоянии 180 м. По мере разгона поезда изолиния концентрации 1 ПДК приближается к оси железнодорожного пути. На расстоянии 300 м от точки начала разгона (при скорости движения 27 км/ч) в направлении, перпендикулярном оси пути, изолиния проходит на расстоянии 120 м.

Результаты расчета загрязнения приземного слоя атмосферы показывают, что выбросы диоксида азота при работе двигателя тепловоза 2ТЭ10 требуют обеспечения санитарно-защитной зоны на перегонах не менее 30–35 м, в районах размещения горловин станций – не менее 180 м.

Предлагаемая методика расчета позволяет осуществлять проекторочные и поверочные расчеты взаимного размещения железнодорожных путей и жилой зоны с точки зрения загрязнения атмосферы отработавшими газами тепловозов. Кроме того, на основании расчета можно рекомендовать определенные скорость и режим тяги при движении вблизи жилой зоны.

Обнаружение неисправностей дизеля с помощью химического анализа отработавших газов. Известно, что содержание токсичных компонентов в отработавших газах дизелей зависит от технического состояния и регулировки его топливной аппаратуры высокого давления, органов газораспределения, агрегатов наддува, всасывающего и выпускного трактов. Поэтому для практики особый интерес представляют методы обнаружения неисправностей, повышающих экологическую опасность отработавших газов дизелей.

Известен метод обнаружения цилиндров дизельного двигателя с повышенной эмиссией вредных веществ путем поочередного отключения одного цилиндра при одновременном химическом анализе состава отработавших газов на токсичные компоненты.

При работе всех цилиндров концентрация i -го компонента в отработавших газах дизеля определяется по формуле

$$C_i = \frac{(n-1)V_i + xV_i}{nV_{ог}}, \quad (1)$$

где n – число цилиндров двигателя; V_i – объем i -го токсичного компонента, образующегося в одном цилиндре за один рабочий цикл; $V_{ог}$ – объем сухих отработавших газов основного состава (CO_2 , NO_2 , O_2), образующихся в одном цилиндре за один рабочий цикл.

При отключении цилиндра с повышенной эмиссией концентрация i -го компонента определяется как

$$C_i' = \frac{(n-1)V_i}{(n-1)V_{ог} + V_{возд}}, \quad (2)$$

где $V_{возд}$ – объем воздуха, проходящего через один цилиндр за один рабочий цикл, работающий в режиме насоса (с отключенной топливоподачей).

При отключении цилиндра с “нормальной” эмиссией

$$C_i^{норм} = \frac{(n-2)V_i + xV_i}{(n-1)V_{ог} + V_{возд}}. \quad (3)$$

На основании уравнений (2) и (3) получим выражение для сравнения концентрации i -го токсичного компонента в отработавших газах двигателя при отключении цилиндра с “нормальной” и повышенной эмиссией, которое имеет вид

$$C_i^{норм} = kC_i', \quad (4)$$

где

$$k = \frac{n-2+x}{n-1}. \quad (5)$$

В грузовом движении в Республике Беларусь эксплуатируются тепловозы серии 2ТЭ10, оборудованные 10-цилиндровым дизелем типа 10Д100, для которого $n = 10$. По данным [6] в результате неправильной установки угла опережения впрыска топлива эмиссия оксидов азота может увеличиться вдвое, поэтому примем значение $x = 2$. Подставив принятые значения n и x в выражение (5), получим $k = 1,111$.

Следовательно, при отключении цилиндра с “нормальной” эмиссией концентрация i -го компонента в отработавших газах на 11,1 % будет больше, чем в случае отключения цилиндра с повы-

шенной эмиссией токсичного компонента. Но допустимая погрешность измерений концентраций токсичных компонентов по настоящим методикам находится в пределах для CO и NO_x – $\pm 15\%$, SO_2 – ± 9 , C_xH_y – ± 10 , сажа – $\pm 25\%$. Очевидно, что при таких значениях погрешности обнаружение изменения концентрации на 11,1 % не представляется возможным. Только при $x = 3$ (для $n = 10$) значение k приближается (по отдельным компонентам может несколько превосходить) к пределам погрешности измерения концентраций. Поэтому проблема может быть решена при использовании новых, более совершенных методов или приборов химического анализа.

2 Прикладные исследования

Прикладные исследования НИЦ ЭиЭТ базируются на измерениях количественного состава отработавших газов тепловозов Белорусской железной дороги.

Измерения производились газоанализатором Testo 350, цифровым дифференциальным манометром ДМЦ-01/М в комплекте с пневмометрической трубкой, ручным откачивающим насосом с соединительными трубками, зажимами и пробками, комплектом шприцов объемом 150 мл каждый, двумя комплектами пробоотборных трубок с аллонжами и фильтрами АФА-ВП-10. На основании измеренных концентраций по методике [3] рассчитаны коэффициенты эмиссии.

По полученным коэффициентам эмиссии токсичных компонентов отработавших газов тепловозов найдены уравнения регрессии. В общем случае регрессионное уравнение представляло собой полином третьей степени:

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3. \quad (6)$$

В качестве независимой переменной выбрана позиция контроллера машиниста. Коэффициенты a_0 , a_1 , a_2 и a_3 , входящие в уравнение регрессии (6), определялись методом наименьших квадратов средствами табличного процессора Excel. По полученным уравнениям регрессии построены графики, отражающие зависимость эмиссии соответствующего токсичного компонента отработавших газов тепловозного дизеля от позиции контроллера машиниста. На рисунке 3 представлены зависимости коэффициентов эмиссии диоксида азота, оксида углерода, углеводородов и сажи от ПКМ для тепловозов серий 2ТЭ10У, М62, ТЭП60, ТЭП70 и ЧМЭЗ соответственно.

На основе полученных коэффициентов эмиссии и распределения режимов работы тепловозных дизелей во времени предлагается уточненная методика расчета платежей за вредные выбросы с отработавшими газами тепловозов в атмосферный воздух.

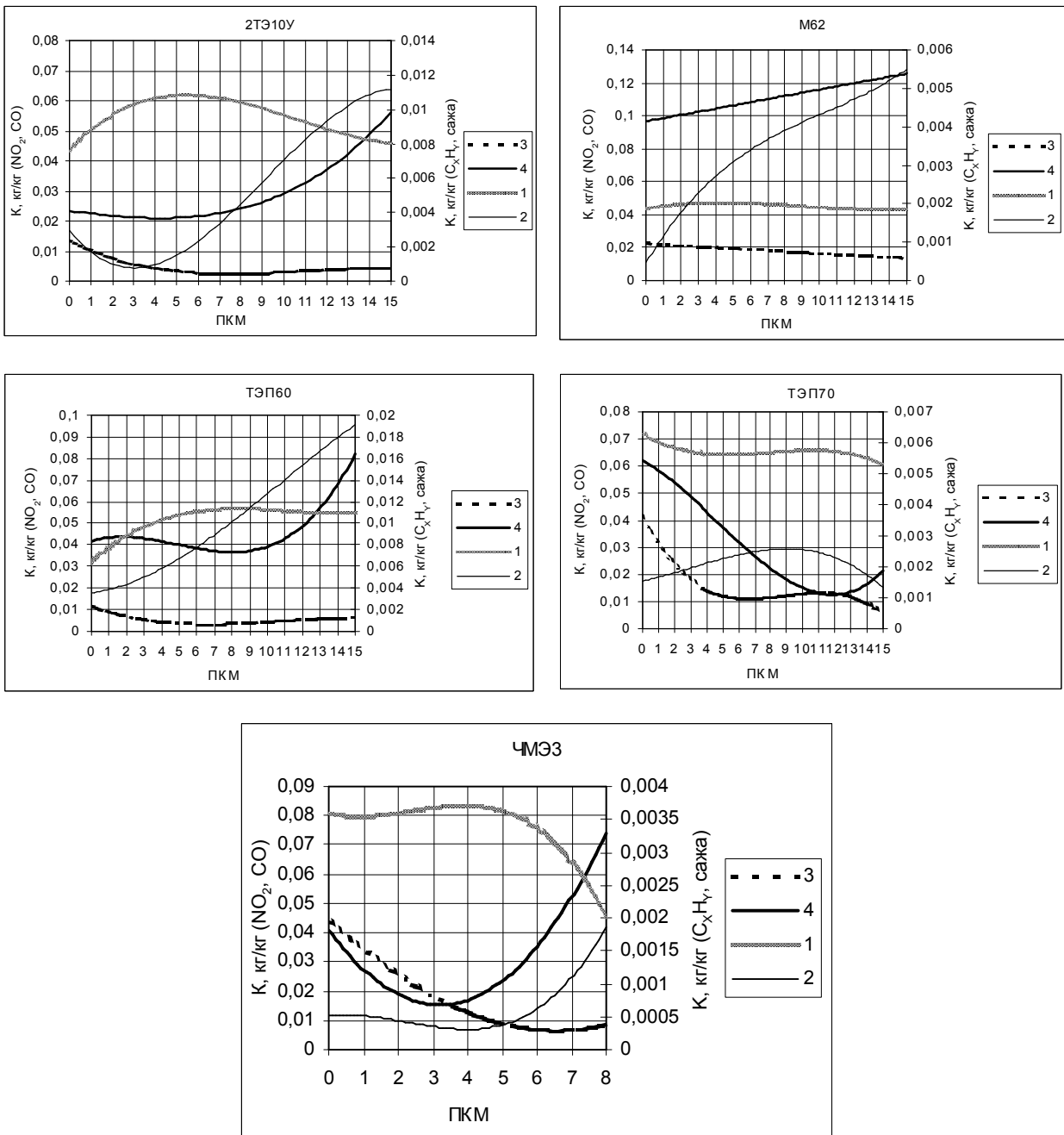


Рисунок 3 – Коэффициенты эмиссии в зависимости от позиции контроллера машиниста для тепловозов различных серий: 1 - диоксид азота (NO₂), 2 - оксид углерода (CO), 3 - углеводороды (C_xH_y), 4 - сажа

Средневзвешенный коэффициент эмиссии j -го вещества для каждой серии тепловоза рассчитывают по формуле

$$K^j = \frac{\sum_{i=0}^{15} K_i^j G_i h_i}{\sum_{i=0}^{15} G_i h_i}, \quad (7)$$

где K_i^j – коэффициент эмиссии j -го вещества на i -й позиции контроллера машиниста; принимают в соответствии с полученными уравнениями регрессии, кг/кг; G_i – часовой расход дизельного топлива при работе тепловоза на i -й позиции контроллера машиниста, кг/ч [4]; h_i – доля работы тепловоза на i -й позиции контроллера машиниста в общем бюджете времени работы тепловоза.

Плата за выбросы в атмосферу рассчитывается для каждой эксплуатирующейся серии тепловоза по формуле

$$П = \gamma B_T \sum C_j K^j, \quad (8)$$

где γ – коэффициент, вводимый для передвижных источников загрязняющих веществ, $\gamma = 0,8$ [7]; B_T – количество дизельного топлива, фактически израсходованного тепловозами данной серии за рассматриваемый период, т; C_j – ставка налога за j -ое вредное вещество в соответствии с Методическими указаниями Главной налоговой инспекции при Совете Министров Республики Беларусь, руб/т; K^j – количество j -того вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу при сгорании 1 т дизельного топлива (коэффициент эмиссии), кг/т.

Значения коэффициентов эмиссии для эксплуатируемых на Белорусской ж.д. тепловозов приведены в таблице 1. Величина K^j учитывает технико-

экологические показатели тепловозных дизелей, параметры отходящих газов, условия эксплуатации тепловозов.

Таблица 1 – Вредные вещества, выбрасываемые в атмосферу при сгорании 1 т дизельного топлива, кг

Серия тепловоза	Окись углерода	Углеводороды	Двуокись азота	Сажа	Сернистый газ	Бенз(а)пирен
2ТЭ10	38,6	0,708	53,6	5,65	2,0	$3,1 \cdot 10^{-4}$
М62	104,9	0,665	43,6	5,11	2,0	$3,1 \cdot 10^{-4}$
ТЭП60	65,2	1,062	53,6	9,60	2,0	$3,1 \cdot 10^{-4}$
ТЭП70	20,4	0,885	63,1	2,13	2,0	$3,1 \cdot 10^{-4}$
ЧМЭЗ	16,2	0,897	73,9	1,72	2,0	$3,1 \cdot 10^{-4}$

Логичным продолжением исследований загрязнения атмосферного воздуха отработавшими газами является разработка мероприятий по снижению их воздействия на окружающую среду. Как показали специальные расчеты, во время реостатных испытаний тепловоза с электрической передачей в условиях локомотивного депо при неблагоприятных атмосферных условиях на границе санитарно-защитной зоны концентрация оксидов азота может достигать 6–7 ПДК.

Предлагаемое российскими и европейскими производителями газоочистное оборудование для пунктов реостатных испытаний работает на принципе улавливания токсичных компонентов. Использование такого оборудования предполагает значительные капитальные вложения при установке и высокие эксплуатационные расходы, связанные с периодической утилизацией и (или) регенерацией фильтров. Принимая во внимание эпизодичность реостатных испытаний (для локомотивного депо Гомель – 3–4 испытания в месяц), большую часть времени дорогостоящее газоочистное оборудование будет простаивать. Кроме того, возникает проблема согласования гидравлических характеристик газоочистного оборудования и выпускного тракта тепловоза на различных режимах испытаний тепловозов, особенно для двухтактных дизелей, так как любое изменение гидравлического сопротивления на выпуске сказывается на работе агрегатов наддува. Поэтому, на наш взгляд, следует идти по пути улучшения условий рассеивания отработавших газов в атмосфере, так как для этого необходимо более простое и дешевое оборудование. Предлагаем установить над устьем выхлопной трубы тепловоза инжекционное устройство при работе которого отработавшие газы будут разбавляться чистым воздухом, выбрасываемым из охлаждающего устройства. Благодаря этому устройству отработавшие газы не только разбавляются, но и выбрасываются на большую высоту, что способствует снижению приземных концентраций [8]. Следует отметить, что данный метод

не позволяет снижать валовый выброс вредных веществ, поэтому его следует рассматривать только как частичное решение проблемы до разработки газоулавливающего оборудования, приемлемого по стоимости.

НИЦ также проводит исследование влияния на окружающую среду выбросов загрязняющих веществ в атмосферу стационарными источниками предприятий транспорта и промышленности. Начальным этапом этой работы является инвентаризация выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. При этом должны использоваться непосредственные инструментальные замеры в соответствии с действующими стандартами и рекомендуемыми методиками. В случае отсутствия инструментальных методик для определения выброса какого-либо вещества допускается применение расчетных отраслевых методик, разрешенных к использованию Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды. Но в некоторых случаях характер технологических процессов, источников выделения и выбросов загрязняющих веществ в атмосферу не вписывается ни в одну из существующих методик. Здесь применим научно-аналитический подход. В качестве примера приведем результаты расчета выбросов вредных веществ при отжиге дренажных труб в локомотивных депо. В отделениях ремонта секций холодильников локомотивных депо установлены камеры отжига тепловозных дренажных труб, загрязненных дизельным маслом. В процессе проведения исследовательских работ по выбросам от источников данного типа было определено, что в процессе отжига выгорает до 1,5 кг дизельного масла в час и выделения вредных веществ при выгорании закоксованного дизельного масла не превышают выделений при сгорании равного количества высокосернистого мазута.

Другим примером может являться расчет выбросов загрязняющих веществ при проведении реостатных испытаний тепловозов. Предлагается следующая методика расчета.

Массовые выбросы от тепловозов определяют в зависимости от режима испытания (холостой ход или работа под нагрузкой) по формуле

$$M_j = g P, \quad (9)$$

где g – удельный выброс j -го загрязняющего вещества: г/(л·с) – при работе на холостом ходу, г/(кВт·с) – при работе под нагрузкой; P – рабочий объем двигателя, л, или максимальная мощность, развиваемая при испытании и обкатке двигателя, кВт, в зависимости от режима испытания.

Валовые выбросы от тепловозов, т/год,

$$P_j = (C_x V \alpha + C_n V \{1 - \alpha\}) \cdot 10^{-3}, \quad (10)$$

где C_x и C_n – удельный выброс j -го загрязняющего вещества соответственно на холостом ходу и при работе с нагрузкой, г/кг; V – расход топлива на испытания за год, т; α – доля расхода топлива при работе на холостом ходу.

Поскольку на предприятии не ведется точный учет израсходованного топлива при работе на холостом ходу, значение α определено эмпирически по времени работы на каждом режиме:

$$\alpha = \frac{\sum (b_x \tau n)}{V} \cdot 10^{-3} / V, \quad (11)$$

где b_x – расход топлива на холостом ходу тепловоза, кг/мин; τ – время работы на холостом ходу при выполнении реостатного испытания, мин; n – количество испытаний за год.

Разработана также методика расчета выбросов при сливе (заправке) и хранении сжиженного углеводородного топлива (пропанобутановой смеси) на газонаполнительных станциях. Процесс стравливания остатков паровой фракции углеводородного топлива при сливе (заправке) и выброс его при проверке предохранительных клапанов на емкостях хранения является кратковременным (от 3 до 30 с). Поэтому проведение инструментальных измерений невозможно. Отраслевые расчетные методики для данных технологических процессов отсутствуют. Для количественного определения выбросов использовался математический аппарат, применяемый для гидравлических теплотехнических расчетов.

На эстакаде слива и посту слива и заправки автоцистерн, после слива (заправки) и достижения регламентированного давления, стравливается объем паровой фракции, оставшийся в подсоединительных трубинах. Среднее время стравливания 10–30 с.

Масса вещества, кг, в выбрасываемом объеме паровой фракции

$$m = PV/R_{cm} T, \quad (12)$$

где P – абсолютное давление, Па; V – объем углеводородов, содержащихся в паровой фракции, м³;

R_{cm} – газовая постоянная углеводородной смеси, Дж/(кг · К); T – температура паровой фракции, К;

$$P = P_{изб} + P_{бар} \quad (13)$$

где $P_{изб}$ – избыточное давление в подсоединительных трубинах после перекрытия вентилей, Па; $P_{бар}$ – барометрическое давление, Па;

$$R_{cm} = \sum g_i R_i, \quad (14)$$

где g_i – массовая доля i -той составляющей углеводородной смеси, доли единицы; R_i – газовая постоянная i -той составляющей углеводородной смеси, Дж/(кг · К);

$$R_i = 8314/\mu_i \quad (15)$$

где 8314 – значение универсальной газовой постоянной, Дж/(кмоль · К); μ_i – молярная масса i -той составляющей углеводородной смеси, кг/кмоль.

Массовые выбросы, г/с, загрязняющих веществ

$$M = m \cdot 10^3/1200, \quad (16)$$

где 1200 – коэффициент приведения к 20-минутному интервалу.

Валовые выбросы, т/год, загрязняющих веществ

$$G = mn \cdot 10^{-3}, \quad (17)$$

где n – количество цистерн, сливаемых/заправляемых на посту за год.

При хранении сжиженного углеводородного топлива ежемесячно должна производиться проверка предохранительного клапана на каждой емкости путем подрыва. Во время подрыва клапана происходит выброс паровоздушной смеси в атмосферу через продувочную свечу. Среднее время подрыва клапана – 3 с.

Массовые выбросы, г/с, загрязняющих веществ

$$M = V \rho t \cdot 10^3/1200, \quad (18)$$

где V – объем углеводородов, выбрасываемых при подрыве предохранительного клапана, м³/с; ρ – плотность углеводородов, выбрасываемых при подрыве предохранительного клапана, кг/м³; t – время подрыва клапана, с; 1200 – коэффициент приведения к 20-минутному интервалу;

$$V = 0,18 \mu S (2P_{изб}/\rho)^{1/2}, \quad (19)$$

где 0,18 – доля содержания углеводородов в паровоздушной фракции; μ – коэффициент расхода отверстия; S – площадь отверстия, м²; $P_{изб}$ – избыточное давление в резервуаре во время подрыва клапана, Па.

Валовые выбросы, т/год, загрязняющих веществ

$$G = V \rho t n \cdot 10^{-3}, \quad (20)$$

где n – количество подрывов в год.

В заключение необходимо констатировать следующее. В целях обеспечения экологической безо-

пасности предприятий железнодорожного транспорта и повышения конкурентоспособности, например, Министерство путей сообщения Российской Федерации создало свою ведомственную экологическую службу. На железной дороге МПС РФ, равноценной нашей Белорусской, штат экологов составляет около 50 человек. На Белорусской железной дороге аналогичные экологические проблемы решаются совместно девятью штатными инженерами-экологами Управления и отделений дороги и работающими по договорам 15 сотрудниками НИЦ экологической безопасности и энергосбережения на транспорте БелГУТа. Причем экологи Белорусской железной дороги решают текущие экологические вопросы и выполняют функции менеджеров по решению экологических проблем на предприятиях дороги. Сотрудники сектора инвентаризации вредных выбросов, сектора разработки природоохранной документации и физико-химической лаборатории, будучи опытными специалистами, имея необходимую приборную базу, аттестат аккредитации на техническую компетентность и независимость, лицензии на право занятия деятельностью в области охраны окружающей среды, квалифицированно решают все поставленные перед ними экологические проблемы железнодорожных предприятий. Таким образом, всего 24 сотрудника Белорусской железной дороги и НИЦ экобезопасности и энергосбережения на транспорте БелГУТа успешно решают те же эко-

логические задачи, что и ведомственная служба охраны окружающей среды МПС РФ в аналогичных условиях.

Список литературы

- 1 ГОСТ 17.2.3.02-78. Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями.– 01.01.80. – М.: Издательство стандартов, 1979. – 14 с.
- 2 Разработка математической модели экологических характеристик дизельного двигателя как источника загрязнения атмосферного воздуха: Отчет о НИР / Белорусский государственный университет транспорта; Рук. темы – В. М. Овчинников. № 19981441. – Гомель, 1998. – 70 с.
- 3 Исследование состава отработавших газов тепловозов Белорусской железной дороги: Отчет о НИР / Белорусский государственный университет транспорта; Рук. темы – В. М. Овчинников. № 19981449. – Гомель, 1998. – 81 с.
- 4 Правила тяговых расчетов для поездной работы. – М.: Транспорт, 1985. – 287 с.
- 5 Френкель С. Я. АРМ–Тяговые расчёты // Использование ЭВМ в учебном процессе и научных исследованиях: Тез. докл. респ. науч.-техн. конф. – Гомель: БелГУТ, 1995. – С. 27.
- 6 Звонов В. А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания. – М.: Машиностроение, 1981. – 160 с.
- 7 О порядке исчисления и уплаты в бюджет налога за пользование природными ресурсами (экологического налога): Методические указания Главной государственной налоговой инспекции при Кабинете Министров Республики Беларусь от 19 апреля 1996 года. – Мн., 1996.
- 8 Овчинников В. М., Френкель С. Я., Халиманчик В. А., Скрежендевский В. В., Самодум Ю. Г. Снижение приземных концентраций вредных веществ при реостатных испытаниях тепловозов // Вестник БелГУТа. – 2001.– №1. – С. 21–24.

Получено 29.10.2001

V. M. Ovchinnikov, V. A. Khalimanchyk, V. V. Skrazhandewski, S. R. Tsimafeynka, T. V. Teslyuk. The Results of Scientific and Practical Activities of the Environment Protection on the Belarussian Railways Enterprises.

The article considers the main fundamental scientific and practical activity's outcomes of

Scientific Research Centre aimed at securing safe ecological transportation process and economy of energy in the field of environment's preservation. There are the outcomes of air pollution's theoretical researches by diesel locomotives' waste gases. And more exact method of the calculation of gross sending of unhealthy matters including the diesel locomotives' waste gases is shown also. It is proposed the way to decrease the pollution of the layer lower of air by the waste gases during the rheostat trials of diesel locomotives. There is a practical suggestion to calculate the unhealthy matters outside the typical technological process for railway production.