



2.9.5 – эксплуатация автомобильного транспорта

АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Шемякин Александр Владимирович

д.т.н., профессор, проф. кафедры организации транспортных процессов и безопасность жизнедеятельности Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева (РФ)

✉¹ **Терентьев Вячеслав Викторович**

к.т.н., доцент, заведующий кафедрой организации транспортных процессов и безопасность жизнедеятельности Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева (РФ)
e-mail: vvt62ryazan@yandex.ru

Андреев Константин Петрович

к.т.н., доцент кафедры организации транспортных процессов и безопасность жизнедеятельности Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева (РФ)

Мартынушкин Алексей Борисович

к.э.н., доцент, заведующий кафедрой экономики и менеджмента Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева (РФ)

Кiryushin Илья Николаевич

к.т.н., доцент, заведующий кафедрой автомобилей и транспортно-технологические средства Рязанского института (филиала) Московского политехнического университета (РФ)

Аннотация.

В работе представлены результаты выбросов вредных веществ автомобильным парком по методике COPERT-5 с использованием данных официальной статистики Государственной инспекции по безопасности дорожного движения. COPERT-5 позволяет комбинировать информацию о времени использования транспортных средств с реальными объемами проданного топлива и рассчитывает суммарные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу в расчете на год.

ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL POLLUTION BY ROAD TRANSPORT

Shemyakin Aleksandr Vladimirovich

doctor of tech. sc., professor, professor of the department of organization of transport processes and life safety, Ryazan state agrotechnological university named after P.A. Kostychev, (RF)

✉¹ **Terentev Vyacheslav Viktorovich**

cand. of tech. sc., assistant professor, head of the department of organization of transport processes and life safety, Ryazan state agrotechnological university named after P.A. Kostychev, (RF)
e-mail: vvt62ryazan@yandex.ru

Andreev Konstantin Petrovich

cand. of tech. sc., assistant professor of the department of organization of transport processes and life safety, Ryazan state agrotechnological university named after P.A. Kostychev, (RF)

Martinushkin Aleksei Borisovich

cand. of ec. sc., assistant professor, head of the department of economics and management, Ryazan state agrotechnological university named after P.A. Kostychev, (RF)

Kiryushin Ilya Nikolaevich

cand. of tech. sc., assistant professor, head of the department of cars and transport and technological means, Ryazan Institute (branch) of Moscow Polytechnic University, (RF)

Annotation.

The paper presents the results of emissions of harmful substances by the automobile fleet according to the COPERT-5 methodology using official statistics of the State Road Safety Inspectorate. COPERT-5 allows you to combine information about the time of use of vehicles with the actual volumes of fuel sold and calculates the total emissions of pollutants into the atmosphere per year.

Ключевые слова: АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ, ВРЕДНЫЕ ВЫБРОСЫ, ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУХА, МЕТОДИКА COPERT.

Keywords: ROAD TRANSPORT, HARMFUL EMISSIONS, AIR POLLUTION, COPERT METHODOLOGY.

¹ Автор для ведения переписки

1 Состояние вопроса исследования и актуальность работы

Пробки на дорогах и загрязнение атмосферы – это две основные проблемы, от которых страдают современные города и у них есть общие причины [1]. Заторы возникают в результате движения автотранспорта по улицам и проспектам с ограниченной пропускной способностью [2], что оказывает значительное влияние на эффективность транспортно-экспедиционной деятельности транспортных предприятий [3, 4]. Загрязнение происходит из-за того, что выбросы вредных веществ, большая доля которых приходится на транспортные средства, превышают поглощающую и разрежающую способность воздушного бассейна, в котором расположен город.

Поэтому разумно предположить, что транспортная политика и меры, разработанные для уменьшения заторов в городе, также окажут влияние на загрязнение воздуха.

Атмосферные загрязнители можно разделить на две большие группы:

- 1) загрязнители, которые оказывают местное и региональное воздействие;
- 2) загрязнители, которые оказывают глобальное или планетарное воздействие.

Основными загрязнителями атмосферы первой группы являются твердые частицы, диоксид серы, монооксид углерода, озон, оксиды азота и летучие органические соединения [5]. Кроме того, многие тяжелые металлы присутствуют в твердых частицах в атмосфере [6].

Твердые частицы в атмосфере представляют собой сложную смесь органических и неорганических веществ, начиная от морской соли и частиц почвы и заканчивая частицами сажи, образующимися при сжигании ископаемого топлива [7]. Твердые частицы в результате сгорания могут выбрасываться непосредственно в виде элементарного и органического углерода или могут образовываться в атмосфере из других загрязняющих веществ. Они также могут выделяться при повторном осаждении уличной пыли. Общее количество твердых частиц, присутствующих в атмосфере, называется общим количеством взвешенных частиц.

Диоксид серы или сернистый ангидрид (SO_2) представляет собой бесцветный газ, который образуется из-за присутствия серы в топливе, в первую очередь, в дизельном топливе. Позже он окисляется в атмосфере и образует сульфаты, которые входят в состав твердых частиц.

Монооксид углерода (CO) – это бесцветный газ без запаха, который образуется в результате неполного сгорания. CO препятствует транспортировке кислорода в кровь, а в высоких концентрациях он вызывает смерть.

Озон, окислитель, является основным загрязнителем атмосферы, составляющим так называемый фотохимический смог, который образуется в результате химических реакций в атмосфере в присутствии ультрафиолетового излучения. Аэрозоли, образующиеся в результате фотохимического процесса, приводят к снижению видимости, придавая атмосфере красновато-коричневый оттенок.

Наиболее важными оксидами азота являются оксид азота (NO) и диоксид азота (NO_2). Диоксид азота поглощает свет в видимом диапазоне, что ухудшает видимость и является частью цепной реакции, которая приводит к образованию фотохимического смога.

Кроме перечисленных выше загрязняющих веществ в атмосфере можно обнаружить много тяжелых металлов. Свинец, пожалуй, является наиболее распространенным из них из-за его использования в качестве добавки в обычных бензинах.

Основными глобальными загрязнителями являются так называемые парниковые газы. Наиболее важными из них являются углекислый газ (CO_2), метан (CH_4), закись азота (N_2O) и тропосферный озон (O_3). Эти газы улавливают инфракрасное излучение, повторно излучаемое землей в космос, поэтому увеличение их концентрации вызывает нагрев атмосферы. Ре-

зультатом является увеличение числа экстремальных погодных явлений и других климатических последствий. Эти газы имеют длительный срок службы и распределяются по всей атмосфере, поэтому их действие не зависит от места, где они выбрасываются.

Автомобили являются одним из основных источников загрязнения атмосферы в крупных городах [8-10]. Автомобили, работающие на двигателях внутреннего сгорания, в целом выделяют три типа загрязняющих веществ:

- 1) выбросы из выхлопных труб;
- 2) выбросы в результате испарения;
- 3) пыль, поднимаемая с улицы.

Выбросы из выхлопной трубы являются продуктом сгорания топлива (будь то бензин, дизельное топливо или другое производное нефти) [11]. Поскольку сгорание не является совершенным, образуется ряд загрязняющих веществ, таких как монооксид углерода и оксиды азота. Кроме того, в процессе сгорания в атмосферу выбрасываются некоторые загрязняющие вещества, присутствующие в топливе, такие как свинец и сера [12]. Выбросы из выхлопных труб зависят от характеристик транспортного средства, его технологии и объема двигателя; например, тяжелые транспортные средства, как правило, имеют более высокие единичные выбросы (выбросы на пройденный километр), чем легкие транспортные средства [13]. Выбросы также зависят: от наличия элементов, снижающих выбросы, таких как каталитические нейтрализаторы; от технического состояния транспортного средства; от эксплуатационных факторов, таких как скорость движения и уровень ускорения; характеристик топлива, например, содержания серы.

Выбросы в результате испарения происходят при испарении топлива в атмосферу и, следовательно, представляют собой углеводороды (НС). Их количество зависит от характеристик транспортного средства, эксплуатационных факторов, таких как количество и частота остановок, географических и метеорологических факторов, таких как высота и температура окружающей среды, и, что наиболее важно, давления пара топлива.

Выбросы, вызванные подъемом уличной пыли, зависят от веса транспортного средства и скорости его движения, а также от характеристик улицы, таких как средний поток транспортных средств [14, 15]. Они также зависят, конечно, от количества твердых частиц, оседающих на улицах, которые, вероятно, будут подняты транспортными средствами. В отличие от твердых частиц, выбрасываемых выхлопными трубами дизельных автомобилей, частицы, образующиеся в результате движения транспортных средств, представляют собой в основном инертные вещества из земной коры (пыль), которые также могут содержать другие загрязняющие вещества, отложившиеся после выброса в атмосферу. Таким образом, состав этих твердых частиц будет зависеть от того, в каком городе или месте они находятся.

Необходимо также подчеркнуть, что первичные загрязняющие вещества, выбрасываемые в атмосферу, могут вступать там в реакцию, образуя так называемые вторичные загрязняющие вещества. Наиболее важными из них являются вторичные твердые частицы (которые являются частью мелкодисперсных твердых частиц) и озон. В крупных промышленных городах, по оценкам специалистов, более 60 % мелкодисперсных твердых частиц являются вторичными веществами.

Атмосферные загрязнители могут оказывать различное воздействие. Основными из них являются воздействие на здоровье населения, вред растительности и экосистемам, повреждение объектов инфраструктуры и ухудшение видимости. Больше нет никаких сомнений в том, что загрязнение воздуха оказывает вредное воздействие на здоровье населения. Высокие уровни загрязнения могут иметь различные пагубные последствия, включая повышенную смертность среди подвергшегося воздействию населения. Многочисленные эпидемиологические исследования, проведенные за последние 30 лет, показали, что нынешние уровни загрязнения также оказывают неблагоприятное воздействие. Всемирная организация здравоохранения постоянно проводит анализы и исследования для количественной оценки ущерба здоровью, наносимого загрязнением воздуха.

2 Материалы и методы

Автомобильный транспорт является одним из основных источников загрязнения атмосферного воздуха и наносит существенный ущерб здоровью людей, экосистемам, строениям и сооружениям [16]. Специфика передвижных источников загрязнения (автотранспорта) проявляется в их низком расположении (на уровне дыхания детей) и присутствии на территориях, расположенных в непосредственной близости к жилым районам [17]. Оценка выбросов от автомобильного транспорта осложняется отсутствием необходимых статистических данных и различными подходами в их расчете [18]. Развитие транспортной системы и рост количества автомобилей могут послужить причиной увеличения загрязняющих выбросов в окружающую среду, что необходимо учитывать при транспортном планировании. Для количественной оценки величины выбросов используется программа COPERT, разработанная при финансовой поддержке Европейского агентства по окружающей среде и широко используемая в странах Европы и мира [18, 19]. COPERT включает в себя методологию оценки выбросов парка транспортных средств на уровне страны. Методология пытается сбалансировать необходимость детальных расчетов выбросов, с одной стороны, и использование небольшого количества входных данных, с другой. COPERT – это удобное в использовании программное обеспечение, разработанное для расчета выбросов от автомобильного транспорта на национальном уровне. Надлежащее применение COPERT может способствовать в проведении эффективной политики по сокращению загрязнения воздуха автомобильным транспортом и внести полезный вклад в исследования качества воздуха [18-15].

На основе информации о характеристиках используемых видов топлива и автомобильного парка программа позволяет рассчитать ожидаемую величину выбросов вредных веществ широкой номенклатуры, сопутствующих работе автомобильного транспорта. Так как для работы программы необходима статистическая информация, там, где она требуется, были использованы данные за 2019 год, как за наиболее актуальный период.

3 Результаты исследования

На первом этапе в программу вводятся данные о погодных условиях региона, включающие в себя сведения о минимальной и максимальной температуре по месяцам, а также об уровне влажности и давлении насыщенного водяного пара (табл. 1).

Таблица 1 – Данные о типовых погодных условиях по месяцам

Месяц	Среднесуточная температура, °С		Влажность, %	Давление насыщенного пара, кПа
	минимальная	максимальная		
Январь	-18,29	0,71	85	0,26
Февраль	-9,57	0,43	82	0,26
Март	-2	6,43	74	0,36
Апрель	2	16,29	64	0,61
Май	7,43	24,14	59	0,9
Июнь	11,57	26	64	1,24
Июль	9,27	23	71	1,46
Август	10,14	20,57	72	1,43
Сентябрь	3,17	18,86	77	1,02
Октябрь	-4,33	14,86	80	0,68
Ноябрь	-8,14	9,83	86	0,47
Декабрь	-5,71	2,71	87	0,35

На втором этапе необходимо внести сведения об объемах продаж и технических характеристиках используемого автомобильным транспортом видов топлива. Основными видами автомобильного топлива являются бензин, дизельное топливо и сжиженный газ, ин-

формация о которых, сформированная на основе действующих государственных стандартов качества по видам топлива, приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики видов топлива

Вид топлива	Характеристики		
	Энергоемкость (МДж/кг)	Соотношение Н:С	Плотность (кг/м ³)
Бензин	43,774	1,86	752
Дизельное топливо	43,12	1,86	858,4
Сжиженный газ	48	4	175

Данные об объемах выбросов вредных веществ формируются на основании предельных концентраций вредных веществ в каждом из используемых видов топлива, как это представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Допустимое содержание химических элементов в видах топлива

Вид топлива	Содержание химических элементов, мг/м ³ (млн ⁻¹)									
	S	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Se	Zn	Hg	As
Бензин	0,0075	0,005	0,0002	0,0045	0,0063	0,0023	0,0002	0,033	0,0087	0,0003
Дизельное топливо	0,376	0,0005	0,0005	0,0057	0,0085	0,0002	0,0001	0,018	0,0053	0,0001
Сжиженный газ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Для бензина и дизельного топлива также необходимо указать дополнительные характеристики, определяемые ГОСТ 32513-2013 «Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия» и ГОСТ305-2013 «Топливо дизельное. Технические условия», как это показано в таблице 4.

Таблица 4 – Специфические характеристики бензина и дизельного топлива

	Бензин				Дизельное топливо		
	Доля испарившегося бензина при 100 °С, %	Доля испарившегося бензина при 150 °С, %	Ароматизаторы, %	Олефины, %	PCS, %	Цетановое число	Фракционный состав при 95 %, °С
Значение	55	75	35	18	5	45	360

Типовая статистика продаж топлива в годовом выражении представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Годовой объем продаж видов топлива в энергетических единицах измерения

Виды топлива	Бензин	Дизельное топливо	Сжиженный газ
Общий объем продаж, тДж	1549,5996	5023,48	39,3265

Третий этап подготовки данных предполагает внесение в модель информации об автопарке, которая должна включать сведения о количестве автомобилей, среднегодовом про-

бега парка и общем пробеге парка в разрезе по видам автомобильного транспорта (легковые автомобили, грузовики, автобусы и мотоциклы). При решении задачи в качестве взаимодополняющих источников информации использовались данные математической модели транспортной системы и данные замеров транспортных потоков, представленные в таблице 6.

Таблица 6 – Данные о количестве транспортных средств, совершающих поездки по территории за сутки

Виды транспорта	Легковые автомобили	Грузовые автомобили	Автобусы	Мотоциклы
Замеры транспортных потоков				
Городские трассы, час пик	208083	21420	9239	—
Городские трассы, внепиковое время	36884	6084	1140	—
Сельские автодороги	21080	6788	680	—
Скоростные магистрали	39738	24718	1812	—
Общее количество транспортных средств	305785	59010	12871	—
Математическая модель				
Общее количество транспортных средств	54187	18150	7767	3541
Суммарная протяженность поездок, км	3378167	97975	383197	220755,7

На заключительном этапе в модель вносятся сведения о сроке службы транспортных средств различных категорий, представленные официальной статистикой Государственной инспекции по безопасности дорожного движения, позволяющие определить суммарный пробег транспортных средств (табл. 7).

Таблица 7 – Распределение транспортных средств по сроку эксплуатации

Возраст транспортного средства	Доля автотранспортных средств от общего количества по категориям, %			
	Легковые автомобили	Грузовые автомобили	Автобусы	Мотоциклы
До 1 года	10,05	8,78	8,95	1,66
От 1 до 3 лет	10,46	8,32	9,85	7,69
От 3 до 5 лет	11,41	9,55	9,43	3,43
От 5 до 10 лет	28,50	21,51	23,93	3,32
От 10 до 15 лет	16,04	16,27	16,31	2,67
Свыше 15 лет	23,54	35,58	31,53	81,23

Программа COPERT-5 позволяет скомбинировать информацию о времени использования транспортных средств с реальными объемами проданного топлива и рассчитывает суммарные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу в расчете на год. Результаты расче-

тов для параметров движения, рассчитанных на основе математической модели транспортной системы региона, представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Объем выбросов вредных загрязняющих веществ в атмосферный воздух от автомобильного транспорта в год, в тоннах

Виды загрязнителей	Выбросы вредных веществ по типам транспортных средств, тыс. тонн				
	Легковые автомобили	Грузовые автомобили	Автобусы	Мотоциклы	Всего
Метан	0,0898	0,077	0,1379	0,0112	0,3159
Оксид углерода	6,9122	6,4327	3,1819	0,0257	16,5525
Диоксид углерода	1906,8446	7703,4555	1614,0494	17,4573	11241,8068
Аммиак	0,0758	0,0776	0,0144	0,0003	0,1681
Летучие органические соединения	0,5586	0,6893	0,5764	0,0034	1,8277
Сернистый ангидрид	0,00001	0,00182	0,00037	0,00000008	0,0022
Свинец	0,231	0,9178	0,2131	0,0017	1,3636
Диоксид азота	0,0108	7,7845	1,2671	0,000078	9,0625

4. Обсуждение и заключение

Загрязнение воздуха в городах является одной из серьезных проблем, связанных с эксплуатацией транспорта. На долю автомобильного транспорта в российских городах приходится от 40 до 70 % общих выбросов загрязняющих веществ [21]. Анализ загрязнений окружающей среды автомобильным транспортом, представленный выше, позволяет сделать неутешительный вывод о том, что если срочно не принимать меры по снижению выбросов от транспортных средств, то в ближайшей перспективе общество ожидает не только деградация природной среды, но и стремительный прогресс в развитии существующих заболеваний, а также появление новых еще более опасных возбудителей болезней. Представленная методика оценки позволяет заблаговременно получить прогнозные показатели уровня загрязненности атмосферного воздуха вредными выбросами от автомобильного транспорта и своевременно разработать комплекс организационно-технических мероприятий, осуществление которых обеспечит снижение негативной нагрузки от деятельности транспортной отрасли на окружающую среду.

Список литературы

- 1 Терентьев, О. В. Влияние урбанизации на дорожное движение / О. В. Терентьев, Г. К. Рембалович // В сб. : Современные направления повышения эффективности использования транспортных систем и инженерных сооружений в АПК. Материалы студенческой научно-практической конференции. – Рязань, 2022 – С. 283-287.
- 2 Горячкина, И. Н. Прогнозирование возникновения заторов в городских условиях / И. Н. Горячкина, В. В. Терентьев, А. В. Шемякин // В сб. : Развитие научно-ресурсного потенциала аграрного производства : приоритеты и технологии. Материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием. – Рязань, 2021. – С. 408-413.
- 3 Транспортно-экспедиционная деятельность предприятий автотранспортного транспорта: учебное пособие / А. В. Шемякин, С. Н. Борычев, А. Б. Мартынушкин, К. П. Андреев, В. В. Терентьев, И. Н. Горячкина. – Рязань, 2022. – 188 с.
- 4 Терентьев, В. В. Применение интеллектуальных систем для снижения расхода

топлива на автомобильном транспорте / В. В. Терентьев, А. В. Шемякин // В сб. : Развитие научно-ресурсного потенциала аграрного производства: приоритеты и технологии. Материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием. – Рязань, 2021. – С. 460-465.

5 Терентьев, О. В. Оценка уровня экологических выбросов в регионе / О. В. Терентьев, И. Н. Горячкина, О. А. Тетерина // В сб.: Современные направления повышения эффективности использования транспортных систем и инженерных сооружений в АПК. Материалы студенческой научно-практической конференции. – Рязань, 2022 – С. 288-293.

6 Анализ выбросов загрязняющих веществ от автомобильного транспорта в заторовых ситуациях / К.П. Андреев, Н. В. Аникин, Г. К. Рембалович, В. В. Терентьев // В сб. : Организация и безопасность дорожного движения. Материалы XIII Национальной научно-практической конференции с международным участием. Тюмень, 2020. С. 234-238.

7 Yan, F., Winijkul, E. Jung, S., Bond, T. C., and Streetsm D. G. Global emission projections of particulate matter (PM) : I. Exhaust emission from on-road vehicles. Atmos. Environ., 2011.

8 Тарасова, Е. В. Оценка экологической безопасности автотранспортных средств / Е. В. Тарасова, С. В. Дорохин // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе : проблемы и перспективы рационального использования. – 2014. – № 1. – С. 294-296.

9 Дорохин, С. В. Влияние автотранспорта на загрязнение городской среды / С. В. Дорохин, Д. Л. Прохоров // Университетская наука – 2015. – В 4-х томах. – Мариуполь : ГВУЗ «ЛГТУ». – 2015. – Т. 2. – С. 180-181.

10 Дорохин, С. В. Экологическая безопасность предприятий автосервиса / С. В. Дорохин, В. Д. Турчанинов // Университетская наука – 2015. – В 4-х томах. – Мариуполь : ГВУЗ «ЛГТУ». – 2015. – Т. 2. – С. 179-180.

11 Успенский, И. А. Снижение загрязнений окружающей среды выбросами ДВС / И. А. Успенский, И. А. Юхин, А. С. Колотов, А. И. Ушанев // Сельский механизатор. – 2018. – № 2. – С. 4-5.

12 Дорофеева, К. А. Современные мировые тенденции решения проблемы повышения уровня экологической безопасности легковых автомобилей / К. А. Дорофеева, И. А. Успенский, И. А. Юхин // Сб. : Актуальные вопросы применения инженерной науки : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2019. – С. 253-256.

13 Дорофеева, К. А. Особенности решения проблем повышения уровня экологической безопасности автомобильного транспорта России / К. А. Дорофеева, И. А. Успенский, И. А. Юхин // Сб. : Актуальные вопросы применения инженерной науки : Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. – Рязань : РГАТУ, 2019. – С. 249-253.

14 Булгакова, О. А. Загрязнение атмосферного воздуха транспортными средствами города Рязани / О. А. Булгакова, Л. Ю. Макарова, Т. В. Хабарова // Сб. : Аграрная наука как основа продовольственной безопасности региона : Материалы 66-й Международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию со дня рождения профессора Павла Андреевича Костычева : в 3-х частях, – Рязань : РГАТУ, 2015. – С. 49-51.

15 Дорохин, С. В. Проблемы загрязнения городской среды предприятиями автомобильного сервиса / С. В. Дорохин, Д. Л. Прохоров, Е. В. Старков // Новітні технології в автомобілебудівництві та транспорті. – Харків : ХНАДУ. – 2015. – С. 132-133. 3.

16 Кутенев, В. Ф. Сопоставительный анализ отечественной и европейской методик оценки ущерба от загрязнения атмосферного воздуха автомобильным транспортом / В. Ф. Кутенев, А. В. Козлов, А. С. Теренченко // Журнал автомобильных инженеров. – 2009. – № 5 (58). – С. 46-51.

17 Лытов, В. М. Обзор основных методик оценки выбросов черного углерода от

автомобильного транспорта / В. М. Лытов // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем – 2020. – Т. 31, № 3-4. – С. 73-87.

18 Максимова, О. В. Сравнение методик расчета выбросов от автотранспорта и их чувствительности к структурированию автопарка / О. В. Максимова, В. А. Гинзбург, В. М. Лытов // Вестник СибАДИ, 2020. – Т.17, № 5. – С. 612-622.

19 Ntziachristos, L., Gkatzoflias, D., Kouridis, C., Samaras, Z. (2009). COPERT : A European Road Transport Emission Inventory Model. In : Athanasiadis, I.N., Rizzoli, A.E., Mitkas, P.A., Gómez, J.M. (eds) Information Technologies in Environmental Engineering. Environmental Science and Engineering. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-88351-7_37.

20 Ntziachristos, L. et al. (2008). European database of vehicle stock for the calculation and forecast of pollutant and greenhouse gases emissions with TREMOVE and COPERT. Lab of Applied Thermodynamics 08.RE.0009.V2, Thessaloniki, Greece, p. 260.

21 Donchenko V., Kunin Y., Ruzski A., Mekhonoshin V., Barishev L., Trofimenko Y. Estimated atmospheric emission from motor transport in Moscow based on transport model of the city. Transportation Research Procedia 2016. pp. 2649-2658.

References

1 Terentyev, O. V. Influence of urbanization on road traffic / O. V. Terentyev, G. K. Rembalovich // Modern directions of increasing the efficiency of the use of transport systems and engineering structures in the agro-industrial complex. Materials of the student scientific and practical conference. – Ryazan, 2022 – pp. 283-287.

2 Goryachkina, I. N. Forecasting the occurrence of congestion in urban conditions / I. N. Goryachkina, V. V. Terentyev, A. V. Shemyakin // Development of scientific and resource potential of agricultural production: priorities and technologies. I am the materials of the National Scientific and Practical Conference with international participation. – Ryazan, 2021. – pp. 408-413.

3 Freight forwarding activities of motor transport enterprises: a textbook / A. V. Shemyakin, S. N. Borychev, A. B. Martynushkin, K. P. Andreev, V. V. Terentyev, I. N. Goryachkina. – Ryazan, 2022. – 188 p.

4 Terentyev, V. V. Application of intelligent systems to reduce fuel consumption in road transport / V. V. Terentyev, A. V. Shemyakin // Development of scientific and resource potential of agricultural production: priorities and technologies. I am the materials of the National Scientific and Practical Conference with international participation. – Ryazan, 2021. – pp. 460-465.

5 Terentyev, O. V. Assessment of the level of environmental emissions in the region / O. V. Terentyev, I. N. Goryachkina, O. A. Teterina // Modern directions of increasing the efficiency of the use of transport systems and engineering structures in the agro-industrial complex. Materials of the student scientific and practical conference. – Ryazan, 2022 – pp. 288-293.

6 Analysis of emissions of pollutants from motor transport in congestion situations / K. P. Andreev, N. V. Anikin, G. K. Rembalovich, V. V. Terentyev // Organization and safety of road traffic. materials of the XIII scientific and practical National Conference with international participation. Tyumen, 2020. pp. 234-238.

7 Yan F., Vinikul E., Jung S., Bond T. S. and Streetsm D. G. Global forecasts of particulate matter (PM) emissions : I. Exhaust emissions of road vehicles. Atmosphere. Environment, 2011.

8 Tarasova, E. V. Assessment of environmental safety of motor vehicles / E. V. Tarasova, S. V. Dorokhin // Alternative energy sources in the transport and technological complex: problems and prospects of rational use. – 2014. – № 1. – pp. 294-296.

9 Dorokhin, S. V. The influence of motor transport on urban pollution / S. V. Dorokhin, D. L. Prokhorov // University Science – 2015. – In 4 volumes. – Mariupol : GVUZ "PSTU". – 2015. – Vol. 2. – pp. 180-181.

10 Dorokhin, S. V. Ecological safety of car service enterprises / S.V. Dorokhin, V. D. Turchaninov // University Science – 2015. – In 4 volumes. – Mariupol: GVUZ "PSTU". – 2015. –

Vol. 2. – pp. 179-180.

11 Uspensky, I. A. Reduction of environmental pollution by emissions of internal combustion engines / I. A. Uspensky, I. A. Yukhin, A. S. Kolotov, A. I. Ushanev // Rural mechanizer. – 2018. – № 2. – pp. 4-5.

12 Dorofeeva, K. A. Modern world trends in solving the problem of increasing the level of environmental safety of passenger cars / K. A. Dorofeeva, I. A. Uspensky, I. A. Yukhin // Topical issues of the application of engineering science : Materials of the International Student Scientific and Practical Conference. – Ryazan : RGATU, 2019. – pp. 253-256.

13 Dorofeeva, K. A. Features of solving problems of increasing the level of environmental safety of motor transport in Russia / K. A. Dorofeeva, I. A. Uspensky, I. A. Yukhin // Topical issues of the application of engineering science : Materials of the International Student Scientific and Practical Conference. – Ryazan : RGATU, 2019. – pp. 249-253.

14 Bulgakova, O. A. Atmospheric air pollution by vehicles of the city of Ryazan / O. A. Bulgakova, L. Y. Makarova, T. V. Khabarovsk // Agrarian science as the basis of food security of the region : Materials of the 66th International Scientific and Practical Conference dedicated to the 170th anniversary of the birth of Professor Pavel Andreevich Kostychev: in 3 parts, – Ryazan: RGATU, 2015. – pp. 49-51.

15 Dorokhin, S. V. Problems of urban environment pollution by automobile service enterprises / S. V. Dorokhin, D. L. Prokhorov, E. V. Starkov // Novitni tehnologii v avtomobilebudivnitsvi ta transport. – Kharkiv : HNADU. – 2015. – pp. 132-133. 3.

16 Kootenev, V. F. Comparative analysis of domestic and European methods of assessing damage from atmospheric air pollution by road transport / V. F. Kootenev, A. V. Kozlov, A. S. Terenchenko // Journal of Automotive Engineers. – 2009. – № 5 (58). – Pp. 46-51.

17 Lytov, V. M. Overview of the main methods for estimating black carbon emissions from motor transport / V. M. Lytov // Problems of ecological monitoring and modeling of ecosystems – 2020. – Vol. 31, № 3-4. – pp. 73-87.

18 Maksimova, O. V. Comparison of methods for calculating emissions from motor vehicles and their sensitivity to the structuring of the fleet / O. V. Maksimova, V. A. Ginzburg, V. M. Lytov // Bulletin of SibADI, 2020. – Vol. 17, № 5. – pp. 612-622.

19 Nziakhristos L., Gkatsouflias D., Kuridis S., Samaras Z. (2009). COPERT: European Model Of The Road Transport Emissions Inventory. In : Atanasiadis I. N., Rizzoli A. E., Mitkas P. A., Gomez J. M. (eds.) Information technologies in environmental engineering. Science and technology in the field of environmental protection. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-88351-7_37.

20 Nziakhristos L. et al. (2008). European vehicle fleet database for calculating and forecasting emissions of pollutants and greenhouse gases using TREMOVE and COPERT. Laboratory of Applied Thermodynamics 08.RE.0009.V2, Thessaloniki, Greece, p.260.

21 Donchenko V., Kunin Yu., Ruzsky A., Mekhonoshin V., Barishev L., Trofimenko Yu. Assessment of emissions into the atmosphere from motor transport in Moscow based on the transport model of the city. Transportation Research Proceedings 2016. pp. 2649-2658.

© Шемякин А.В., Терентьев В.В., Андреев К.П.,
Мартынушкин А.Б., Кирюшин И.Н., 2022