



Научно-практическая конференция
«НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА КЛИМАТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ:
ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ»
ИНИОН РАН, Москва, 1-2 ноября 2023 года



Актуализация распределения автомобильного парка России и разработка транспортной модели оценки выбросов парниковых газов от дорожного транспорта

Трофименко Ю.В., Гинзбург В.А., Якубович А.Н., Шелмаков С.В., Лытов В.М.,
Комков В.И., Шашина Е.В., Деянов Д.А., Григорьева Т.Ю.

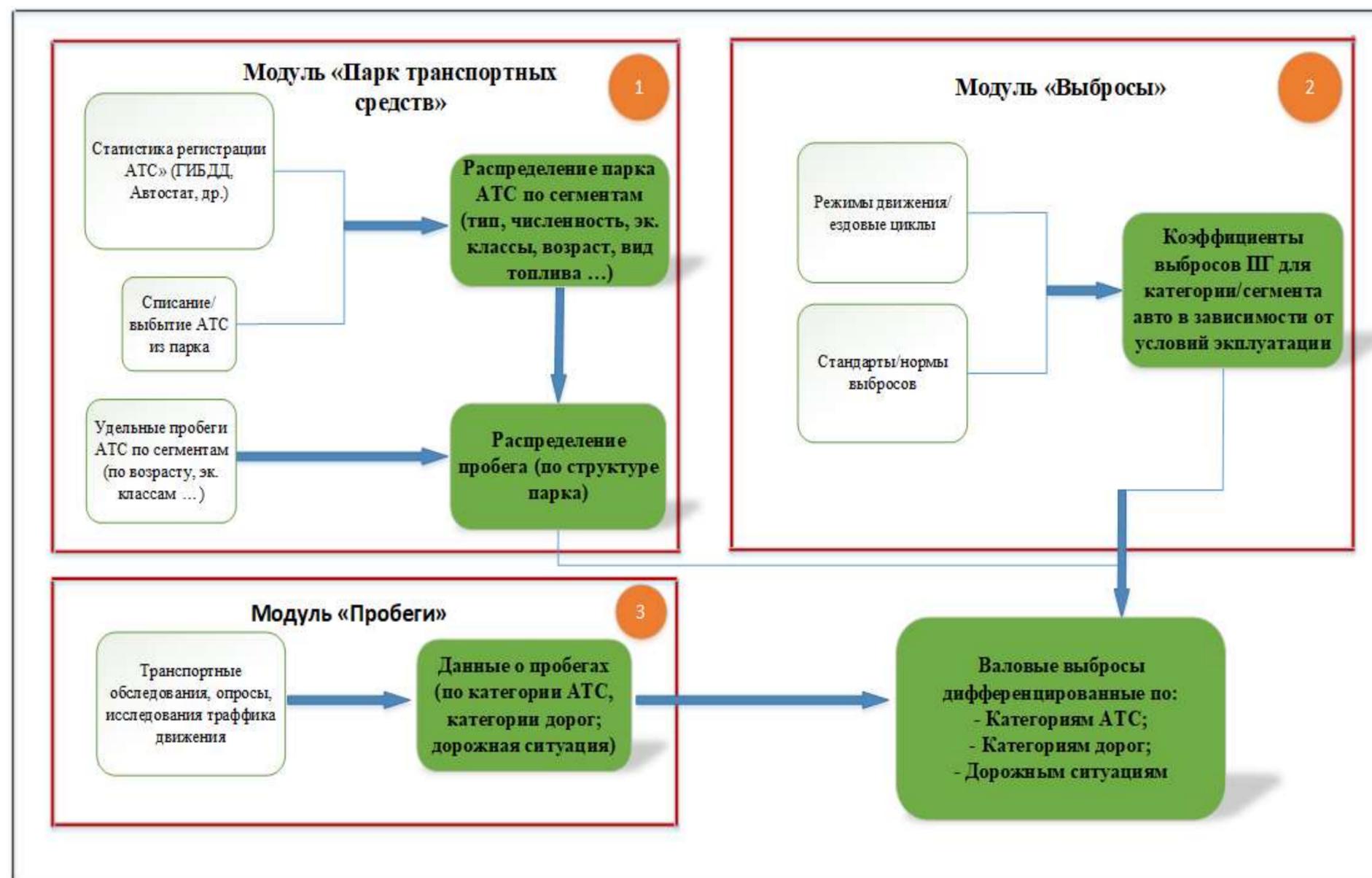
Актуальность. Требования к построению архитектуры «Транспортной модели»

Общий подход к оценке выбросов ПГ дорожным транспортом, согласно методологии МГЭИК уровней 2 и 3, строится на трёх массивах исходных данных:

- количестве ТС в расчётных модельных группах;
- показателях активности ТС в расчётных модельных группах;
- показателях энергоэффективности / коэффициентах эмиссии ПГ автомобилей в расчётных модельных группах.

Организация национальной системы учёта выбросов ПГ дорожным транспортом (требования Киотского Протокола к Рамочной Конвенции об изменении климата РКИК и Парижского соглашения по климату) сдерживается из-за отсутствия требуемой детализации и уровня точности данных о деятельности автомобильного транспорта, прежде всего индивидуальных владельцев и программных средств подготовки и верификации исходных данных («Транспортной модели»).

Для создания «Транспортной модели» необходимо 3 ключевых элемента (баз данных)



Исходные данные «Транспортной модели». Особенности баз данных ГИБДД, Автостата и программы COPERT

- 1) БД аналитического агентства «Автостат» с детальной численностью отдельных моделей АТС разного года выпуска в парке в 2010-2022 гг, стоящих на учёте в ГИБДД на первое число календарного года, с номерами VIN, кузова, шасси, паспорта ТС;
- 2) БД с численностью парка в отдельных группах по типу АТС в разрезе регионов и страны (форма 1-БДД ГИБДД) с разбивкой по виду собственности, типу ТС (М1-3; N1-3), виду топлива (нефтяное, СУГ, КПГ, СПГ, электро), экологическим классам (евро 0...евро 6), возрасту АТС в каждой группе за период 2010-2022 гг;
- 3) данные с объёмами реализации разных видов моторных топлив (Топливо-энергетический баланс РФ, формы Росстата 4-ТЭР, 1-нефтепродукты, данные ПАО Газпром и др.) в 2010-2022 гг;
- 4) данные об интенсивности использования (среднегодовых пробегах) отдельных моделей, групп АТС (разные источники);
- 5) данные об удельном расходе топлива, коэффициентах эмиссии ПГ на единицу массы сжигаемого топлива, единицу пробега АТС, другие показатели (COPERT по умолчанию).

В БД «Автостат»:

- использованы детальные данные ГИБДД по моделям ТС только до 2014 года; с 2014 года – импровизация. В итоге численность АТС разных типов существенно отличается от численности БД ГИБДД;
- присутствует неопределённость группировки данных для многих марок АТС, т.к. введена в них строка «Прочие».

В БД ГИБДД (форма 1-БДД) отсутствует информация:

- об экологическом классе АТС до 2006 года выпуска, экологическом классе легковых АТС разного рабочего объёма двигателя, грузовых АТС и автобусов разной полной массы (вместимости), т.е. количество групп по типу АТС сокращено до 6;
- о виде используемого жидкого нефтяного топлива (бензина или дизельного топлива) АТС во всех модельных группах;
- о возрасте АТС всех групп с разбивкой по календарному году;
- о численности АТС в парке, использующих сжиженный углеводородный газ (СУГ), компримированный (КПГ), сжиженный природный газ (СПГ), на нескольких видах топлива (энергии);
- о годовых пробегах стоящих на государственном учете автомобилей разных экологических классов;
- о численности ТС, вышедших из эксплуатации (утилизированных).

Несоответствие расчётных модельных групп COPERT (число групп по типу АТС более 50) для автомобильного парка России:

- в России моторное топливо этанол Е85, водород не используется;
- не применялись экологические классы ECE 15/00-01, ECE 15/02, ECE 15/03, ECE 15/04, Improved Conventional, Open Loop;
- экологические классы Euro 6 в России учитываются без детализации: a/b/c, d-temp, d Euro VI A/B/C, VI D/E;
- В России не используются сочленённые междугородные автобусы;
- нет в COPERTe групп АТС М2,3, N2,3 с бензиновыми ДВС.

Исходные данные «Транспортной модели». Оценка достоверности баз данных ГИБДД и Автостата

Два направления исследований:

- ❖ установление (уточнение) корреляционных зависимостей между показателями и характеристиками отдельных марок, моделей, групп, типов АТС, уточнение значений других показателей, используемых в COPERT, выявление достоверных трендов отдельных показателей во времени;
- ❖ разработка алгоритма и методов корректировки сведений при включении их в реляционную базу данных по всем одиночным АТС, находившимся в автомобильном парке в период с 2010 по 2022 гг. и выполнения их кластеризации в расчётные модельные группы COPERT.

Формирование реляционной БД осуществлялось с использованием аналитических методов и компьютерных программ с элементами искусственного интеллекта:

- вероятностных моделей использования неполных и «зашумлённых» данных;
- восстановления отсутствующих данных (процедур) при группировке отдельных марок, моделей АТС (десятки и сотни млн ед.) в расчётные модельные группы COPERT (206 групп) по характеристическим признакам (экологический класс, возраст, вид топлива и др.).

Исходные данные по отдельным маркам и моделям АТС, содержащиеся в базе данных Автостата, были конвертированы из исходного формата (95 Excel-файлов общим объёмом более 5 ГБ) в таблицы реляционной базы Microsoft Access. При этом суммарный объём сведений (записей) по отдельным одиночным АТС в реляционной базе составил около 664 млн. ед.

Схема формирования реляционной БД для «Транспортной модели»

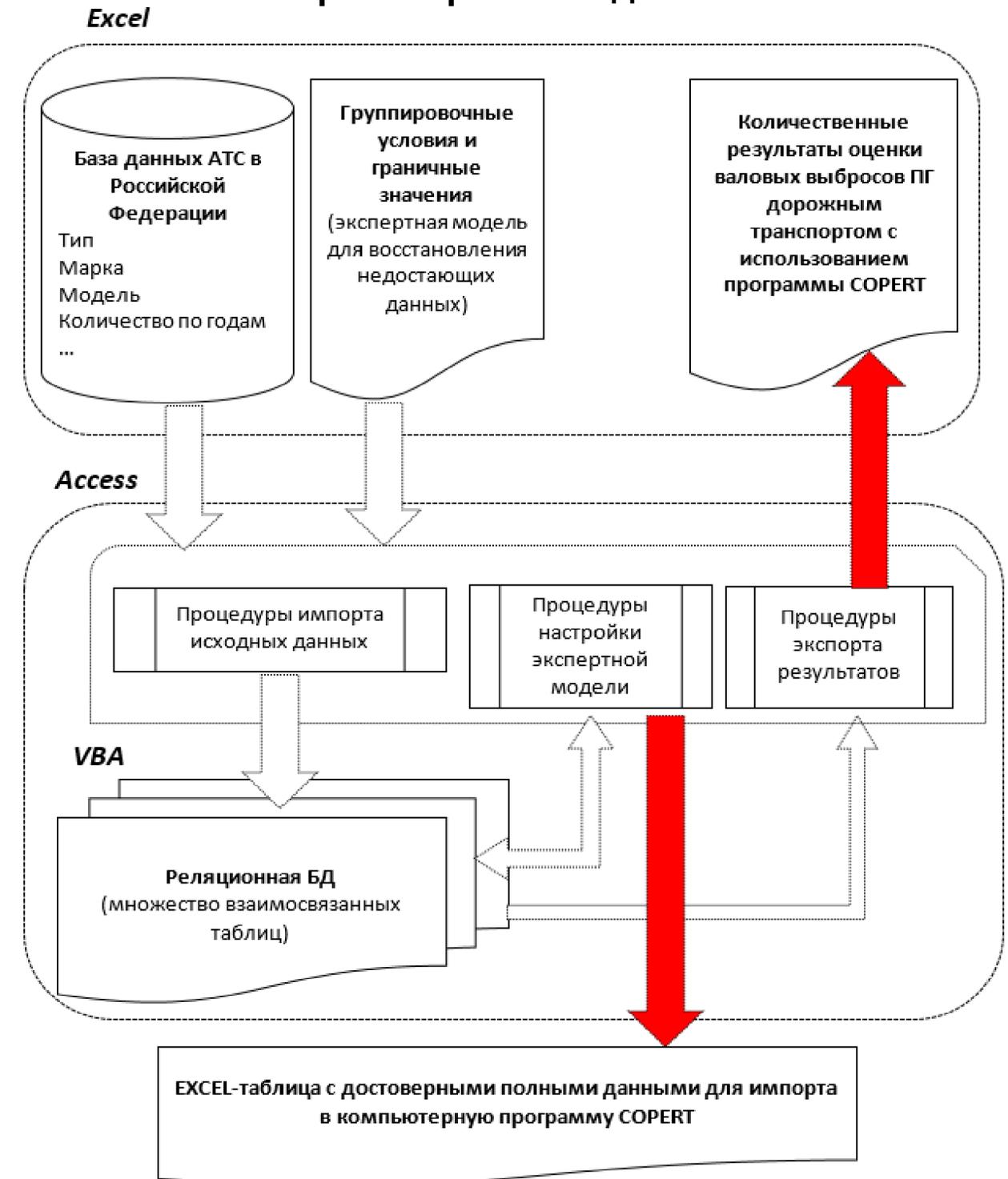
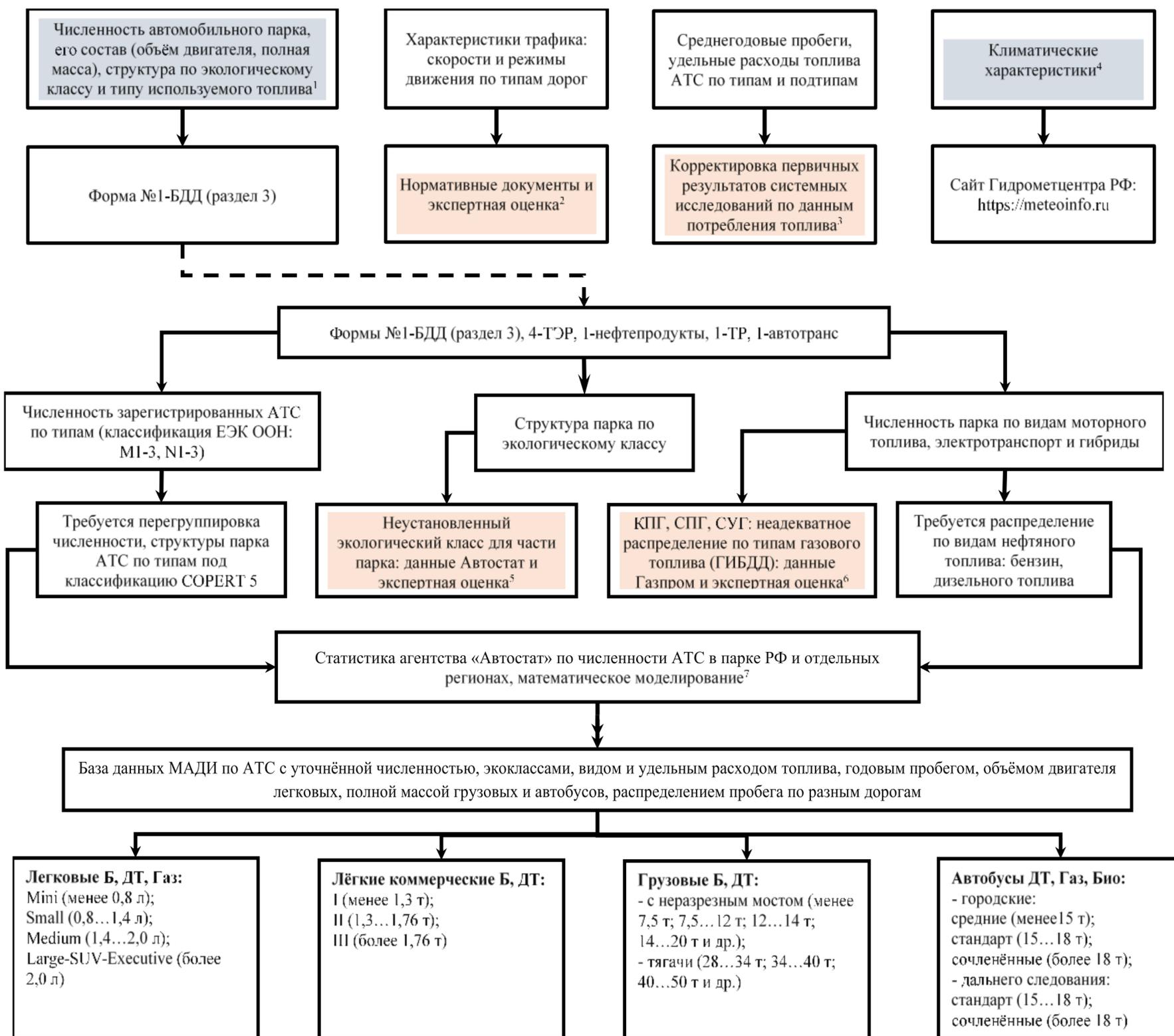


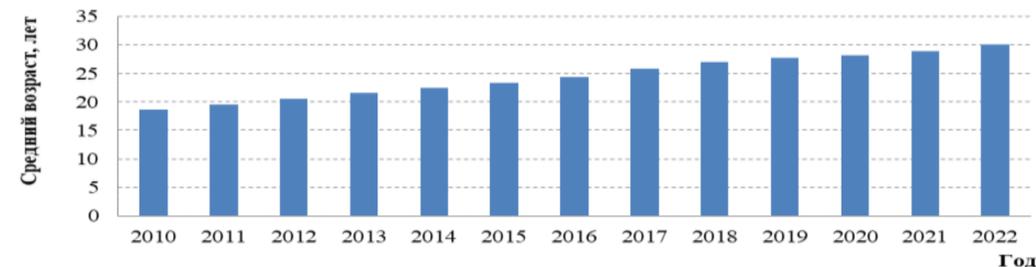
Схема формирования файла-импорта данных для расчёта выбросов ПГ от дорожного транспорта в COPERT 5



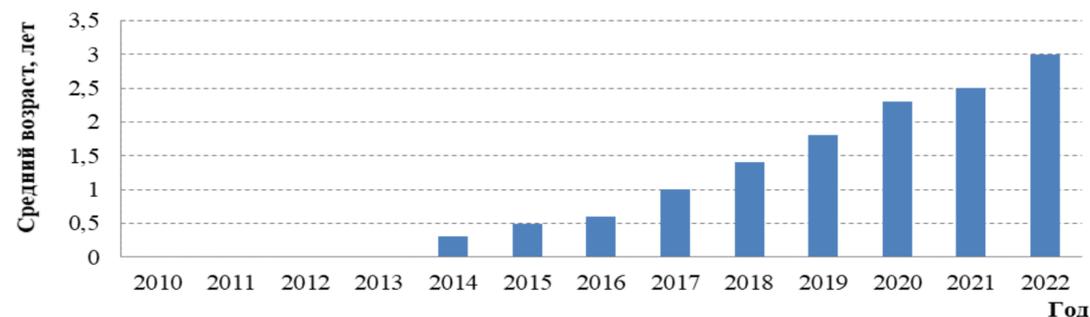
Пример структуры исходных данных в COPERT 5 по численности и составу автомобильного парка для расчёта выбросов (файл Excel)

Category	Fuel	Segment	Euro Standard	2021
Passenger Cars	Petrol	Mini	Euro 4	504666
Passenger Cars	Petrol	Mini	Euro 5	5090
Passenger Cars	Petrol	Mini	Euro 6 a/b/c	68019
Passenger Cars	Petrol	Small	Open Loop	124684
Passenger Cars	Petrol	Small	Euro 1	349545
Passenger Cars	Petrol	Small	Euro 2	442280
Passenger Cars	Petrol	Small	Euro 3	30964
Passenger Cars	Petrol	Small	Euro 4	504666
Passenger Cars	Petrol	Small	Euro 5	5090
Passenger Cars	Petrol	Small	Euro 6 a/b/c	68019
Passenger Cars	Petrol	Medium	Open Loop	124684
Passenger Cars	Petrol	Medium	Euro 1	349545
...	

Динамика среднего возраста АТС для расчётной группы "Passenger Cars / Petrol / Medium / PRE ECE"



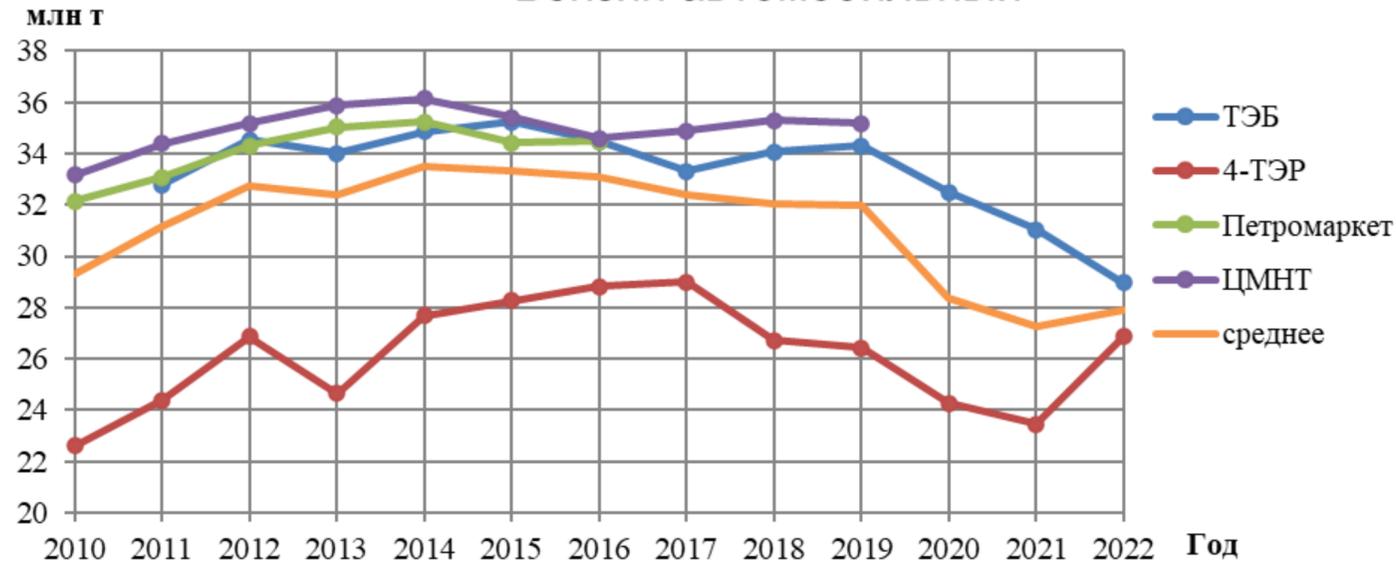
Динамика среднего возраста АТС для расчётной группы "Passenger Cars / Petrol / Medium / Euro 6"



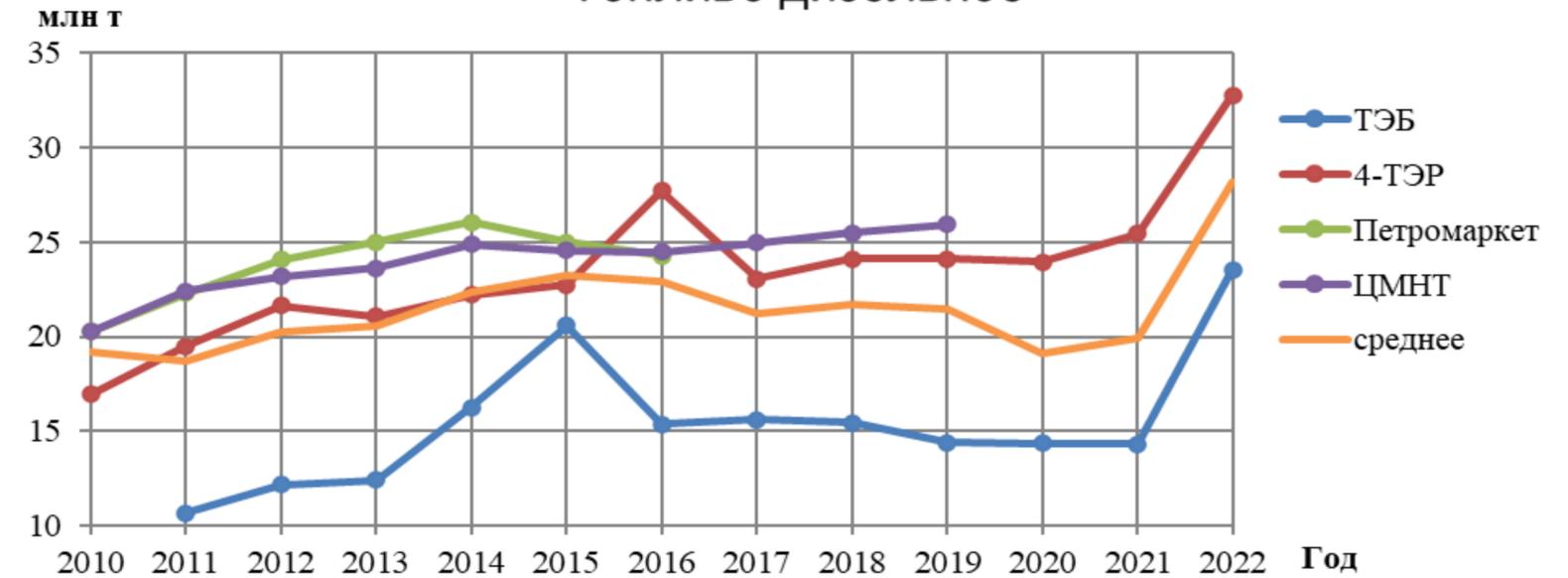
Средний срок службы легковых АТС с бензиновыми ДВС на 2022 год составляет: экологического класса 0 - 30 лет; экологического класса 1 — 25,1 года; экологического класса 2 — 20,1 года; экологического класса 3 — 17,3 года; экологического класса 4 — 10,7 лет; экологического класса 5 — 5 лет; экологического класса 6 — 3 года.

Потребление моторных топлив автомобильным транспортом в Российской Федерации в 2010-2022 гг. по разным формам статистического наблюдения, млн т/год

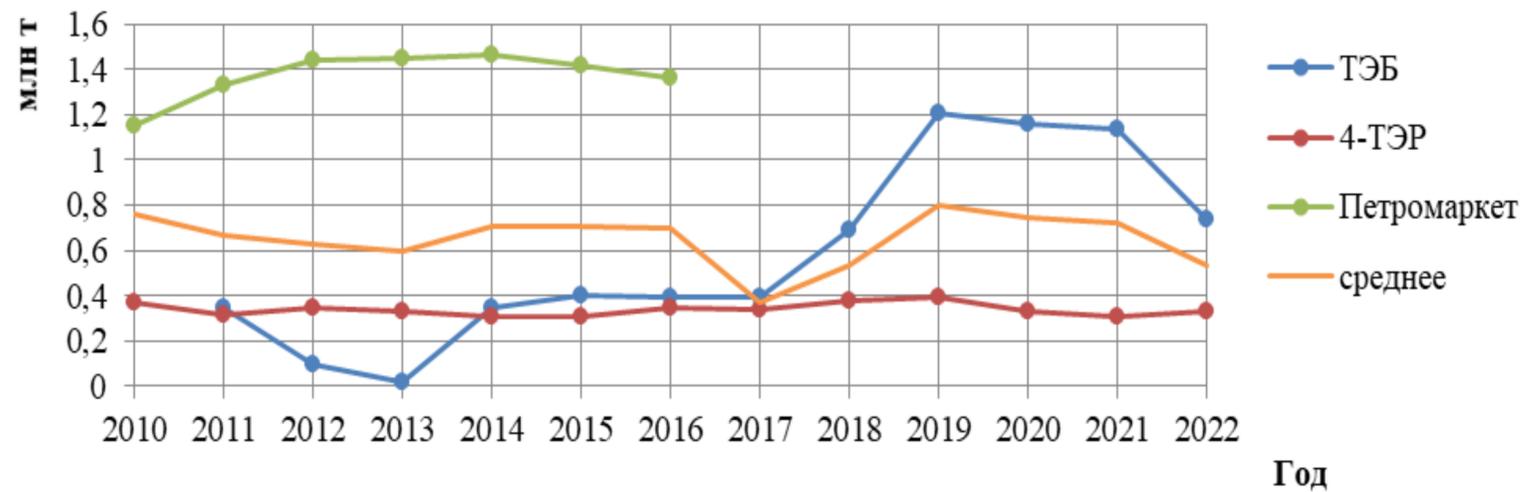
Бензин автомобильный



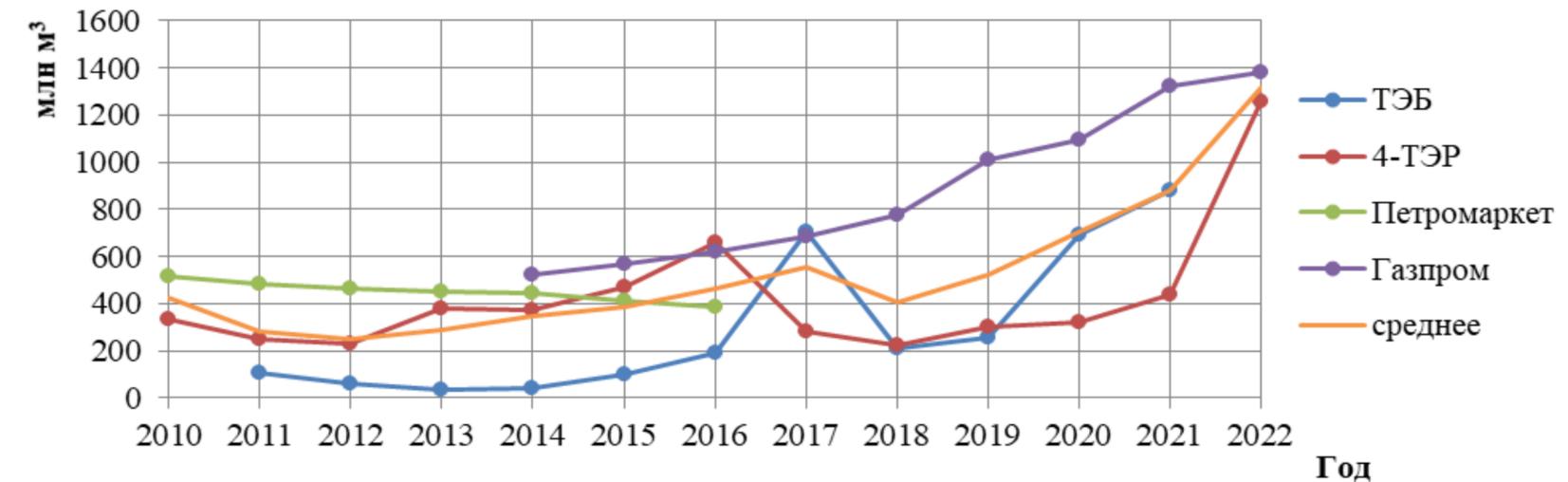
Топливо дизельное



Сжиженные углеводородные газы

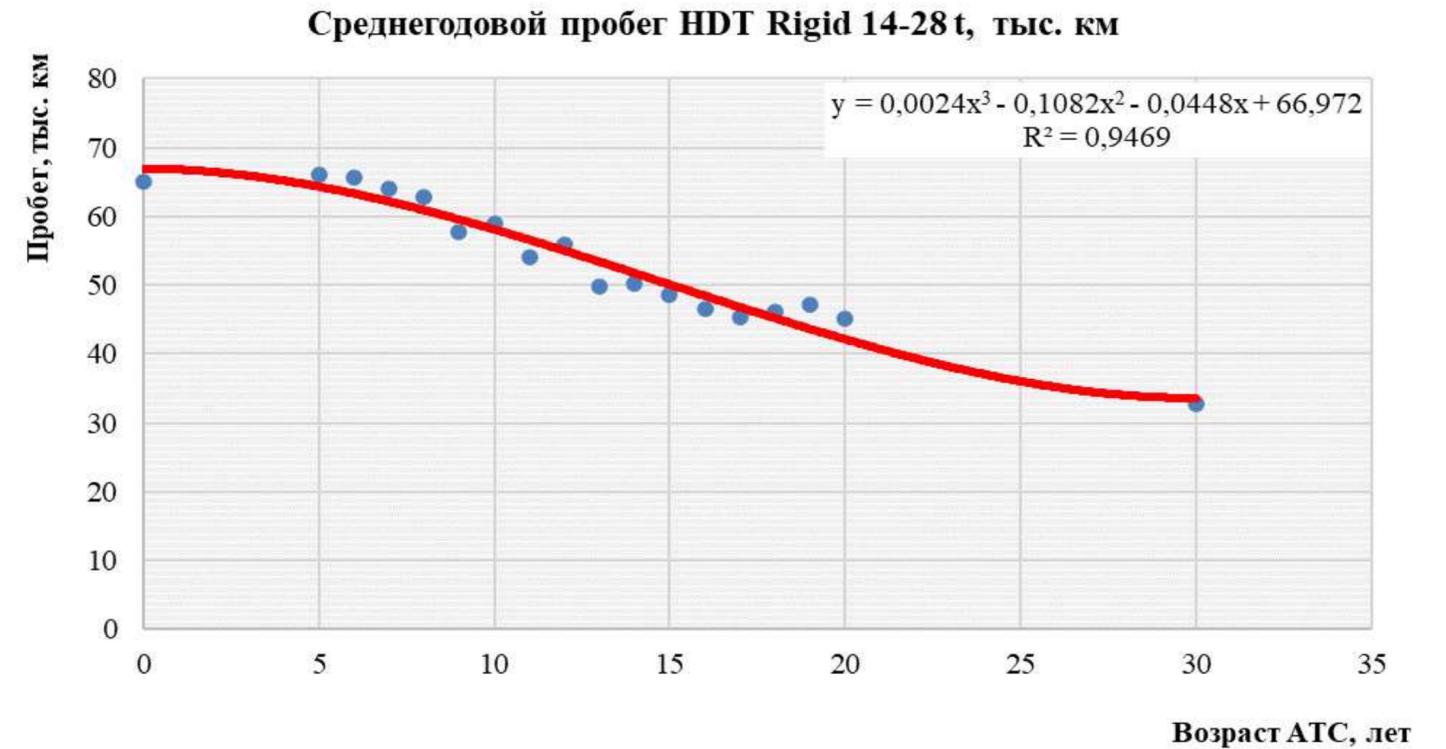
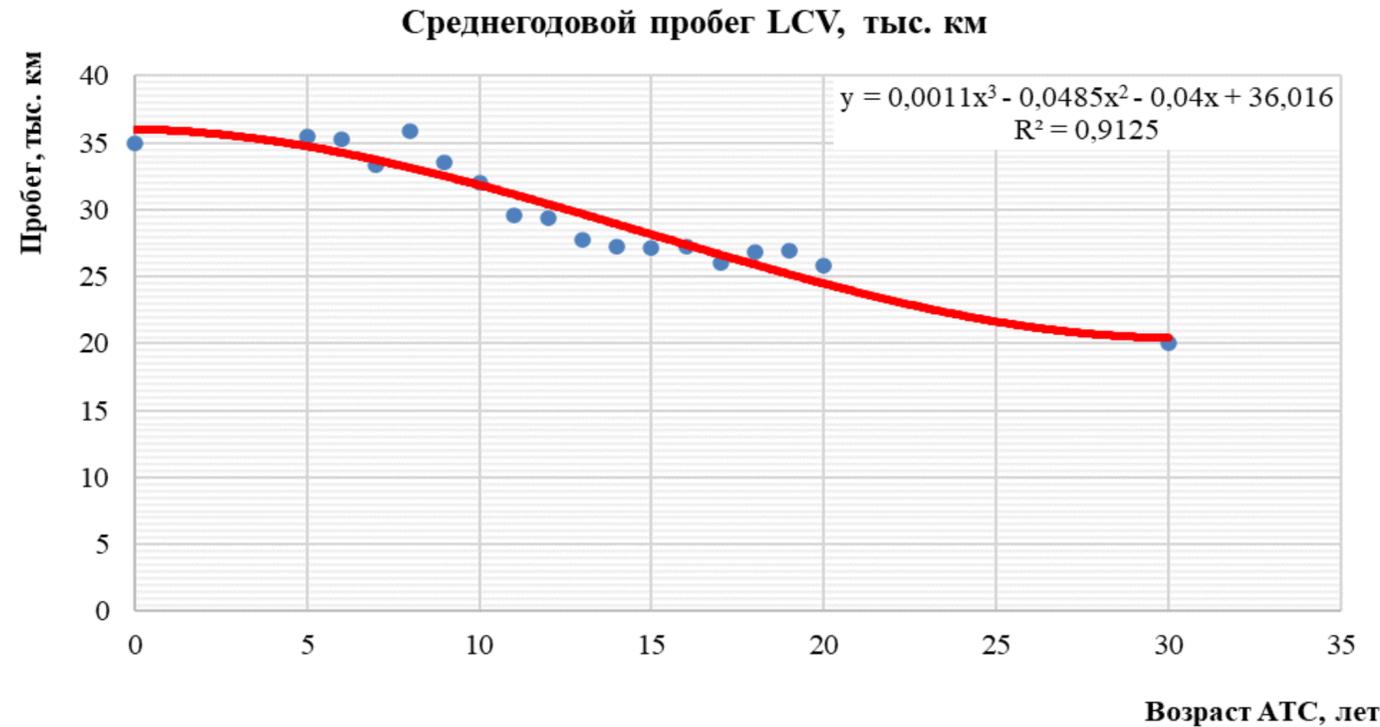


Газ природный

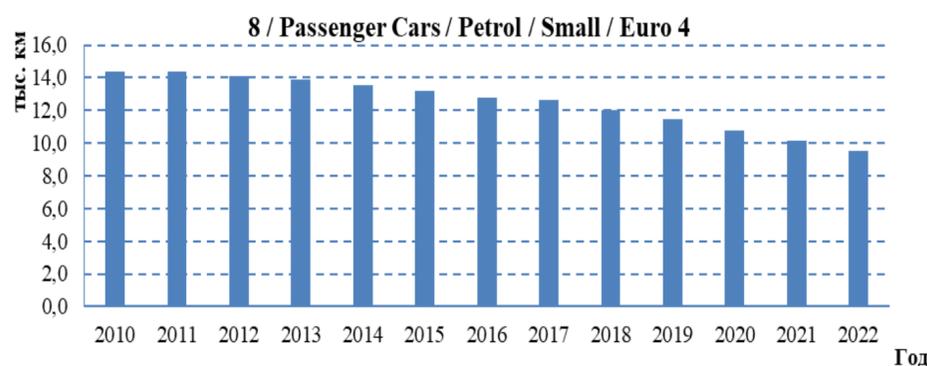
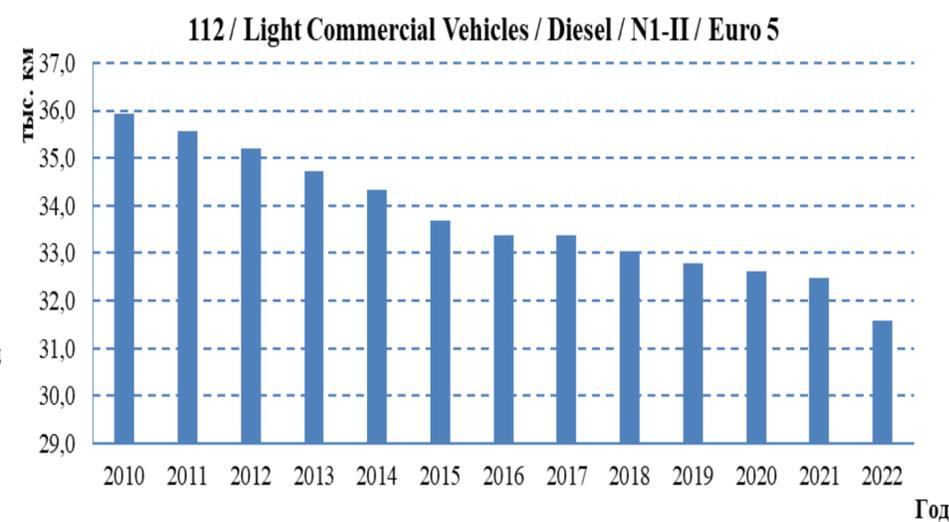
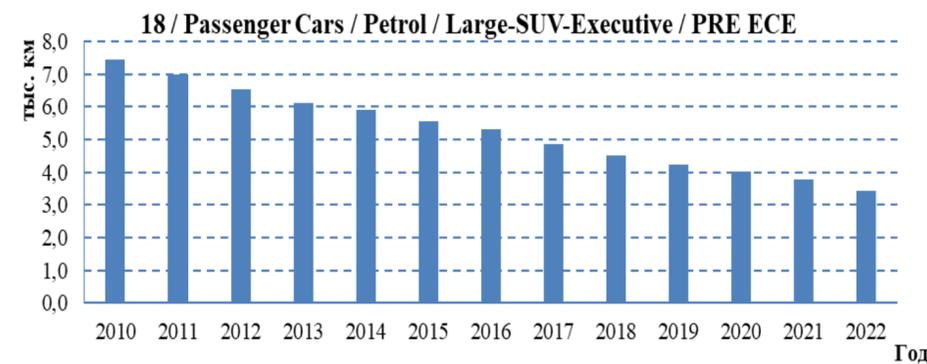


Для уточнения среднегодовых пробегов АТС в расчетных группах целесообразно использовать следующие значения объемов потребления разных видов топлива автомобильным транспортом: бензин автомобильный, дизельное топливо – по форме ТЭБ; природный газ (КПГ) – до 2014 г. по данным ИГ «Петромаркет», с 2014 г. – по данным ПАО «Газпром»; углеводородные газы (СУГ) – по форме ТЭБ с уточнением данных.

Среднегодовой пробег в зависимости от возраста АТС для 11 расчетных модельных групп по классификации COPERT (фрагмент)



Изменение итогового среднегодового пробега для разных модельных групп (фрагмент)



Сравнение среднегодового пробега новых автомобилей разных категорий в Транспортной модели и рекомендаций из справочной информации программы COPERT

Группа (категория) АТС	Рекомендации COPERT	Транспортная модель
Легковые автомобили	11000...21000	14650...17750
Лёгкие коммерческие автомобили	16000...20000	36000
Тяжёлые грузовики	40000...80000	47200...125000
Автобусы	40000...70000	64000...87000
Мототехника	3000...5500	8200

Группы АТС с более высоким экологическим классом имеют большую величину среднегодовых пробегов, который, например, для группы ЛКА с дизельным двигателем в период с 2010 по 2022 год снизился с 36 тыс. км до 32,5 тыс. км.

Численность АТС категории М1 разных классов Евро по сведениям ГИБДД (числитель) и по данным агентства «Автостат» (знаменатель)

Класс Евро	Год				
	2018	2019	2020	2021	2022
0	2 133 771	2 208 126	2 141 805	2 118 644	2 184 227
	-----	-----	-----	-----	-----
	10 906 644	10 183 536	9 190 590	8 166 400	7 805 525
1	651 495	593 444	571 715	588 059	576 387
	-----	-----	-----	-----	-----
	1 763 368	1 738 483	1 678 524	1 579 034	1 522 792
2	2 573 291	2 698 293	2 669 272	2 676 016	2 733 872
	-----	-----	-----	-----	-----
	5 069 489	5 081 588	5 097 369	5 108 686	4 962 300
3	4 766 873	4 740 674	4 796 318	4 904 047	5 001 815
	-----	-----	-----	-----	-----
	6 218 732	6 244 850	6 276 670	6 287 507	6 125 296
4	13 601 150	13 724 074	13 981 093	14 335 575	14 500 596
	-----	-----	-----	-----	-----
	12 284 963	12 406 771	12 434 891	12 360 397	12 253 651
5	9 371 397	9 826 842	10 961 703	12 134 554	12 602 394
	-----	-----	-----	-----	-----
	6 841 389	8 304 657	9 819 930	11 284 607	11 893 245
6	15 368	22 641	76 509	275 836	367 034
	-----	-----	-----	-----	-----
	263 565	388 217	508 141	716 602	828 753
	14 312 115	14 615 455	14 060 613	13 271 373	12 642 513
Нет данных	-----	-----	-----	-----	-----
	0	0	0	0	0

В форме 1-БДД значительное количество АТС (более 25 %) не распределено по экологическим классам и отражено в агрегированной строке «Экологический класс не установлен».

Базы данных агентства «Автостат» за рассматриваемый период не содержат записей с неустановленными экологическими классами.

За счёт нераспределённых АТС их численность в форме 1-БДД оказывается существенно заниженной по пяти экологическим классам из семи.

Результаты устранения различий в численности АТС по классам Евро для категории М1 по сведениям ГИБДД и по данным агентства «Автостат»

Класс Евро	Количество АТС	Год				
		2018	2019	2020	2021	2022
0	Из количества «нет данных»	8 772 873	7 975 410	7 048 785	6 047 756	5 621 298
	Остаточное различие	0%	0%	0%	0%	0%
1	Из количества «нет данных»	1 111 873	1 145 039	1 106 809	990 975	946 405
	Остаточное различие	0%	0%	0%	0%	0%
2	Из количества «нет данных»	2 496 198	2 383 295	2 428 097	2 432 670	2 228 428
	Остаточное различие	0%	0%	0%	0%	0%
3	Из количества «нет данных»	1 451 859	1 504 176	1 480 352	1 383 460	1 123 481
	Остаточное различие	0%	0%	0%	0%	0%
4	Из количества «нет данных»	0	0	0	0	0
	Остаточное различие	9,7%	9,6%	11,1%	13,8%	15,5%
5	Из количества «нет данных»	0	0	0	0	0
	Остаточное различие	27,0%	15,5%	10,4%	7,0%	5,6%
6	Из количества «нет данных»	248 197	365 576	431 632	440 766	461 719
	Остаточное различие	0%	0%	0%	0%	0%
Нет данных	Не распределено	231 115	1 241 959	1 564 938	1 975 746	2 261 182

Количество нераспределённых АТС по каждому году является приемлемым для согласования данных формы 1-БДД с данными агентства «Автостат». Исключение составляют АТС экологических классов 4 и 5, где расхождение лежит в пределах от 5,6 % до 27 % относительно численности АТС в форме 1-БДД.

Объёмы данных реляционной базы численности АТС разных типов, используемых для построения структурной модели парка АТС за 2010-2022 гг. по классификации СОРЕРТ

Категория АТС	Количество записей в БД	Количество АТС			
		всего	с пропусками данных		
			классов	атрибутов	классов и атрибутов
2010-2016 гг.					
РС	3 440 788	268 617 132	268 617 132	30 409 038	30 409 038
LCV	935 818	26 719 733	26 719 733	1 536 015	1 536 015
HCV	1 604 730	25 565 137	25 565 137	4 712 266	4 712 266
BUS	221 738	2 733 067	2 733 067	2 733 067	2 733 067
MT	216 276	17 441 647	17 441 647	431 986	431 986
2017-2019 гг.					
РС	39 528 403	129 901 524	115 252	3 007 360	53 258
LCV	8 262 267	12 237 619	19 369	64 471	2 218
HCV	7 830 229	11 116 557	43 015	947 744	32 934
BUS	675 379	1 215 803	263 581	96 092	96 092
MT	1 818 020	7 107 143	7 107 143	128 062	128 062
2020-2022 гг.					
РС	2 627 809	135 900 910	135 562	2 082 413	24 259
LCV	622 691	12 631 099	12 631 099	38 388	38 388
HCV	1 050 520	11 260 098	11 260 098	824 078	824 078
BUS	93 352	1 229 466	1 229 466	77 458	77 458
ВСЕГО	68 928 020	663 676 935	373 881 301	47 088 438	41 099 119

С точки зрения полноты информации весь массив данных разделяется на три информационных кластера.

Первый кластер (2010-2016 гг.)

характеризуется укрупнением данных (относительно небольшое количество записей, в каждой из которых отражена достаточно большая численность АТС) и отсутствием записей с полностью известными классификационными признаками, что делает необходимым восстановление пропущенных данных для каждой записи кластера.

Второй кластер (2017-2019 гг.)

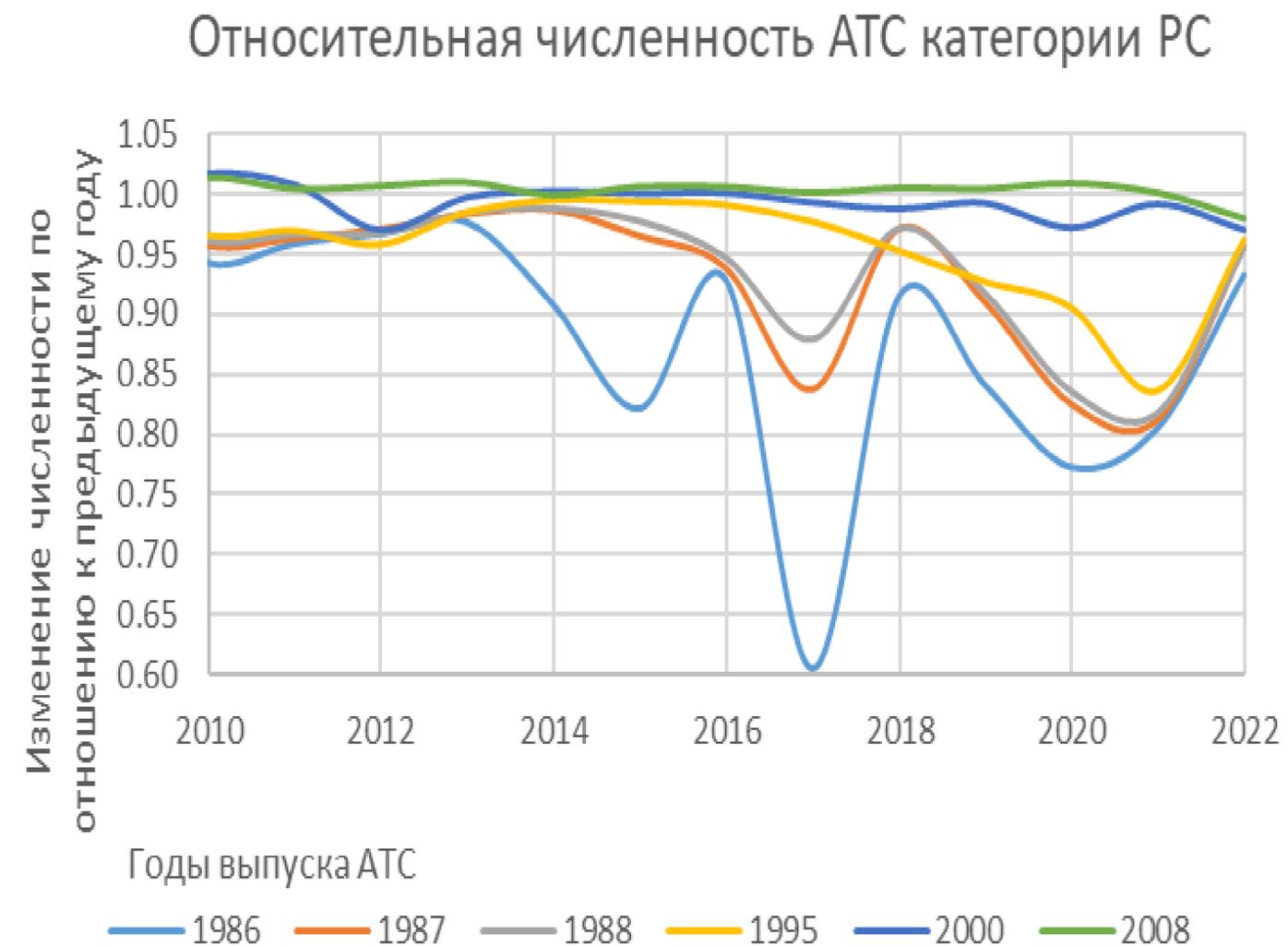
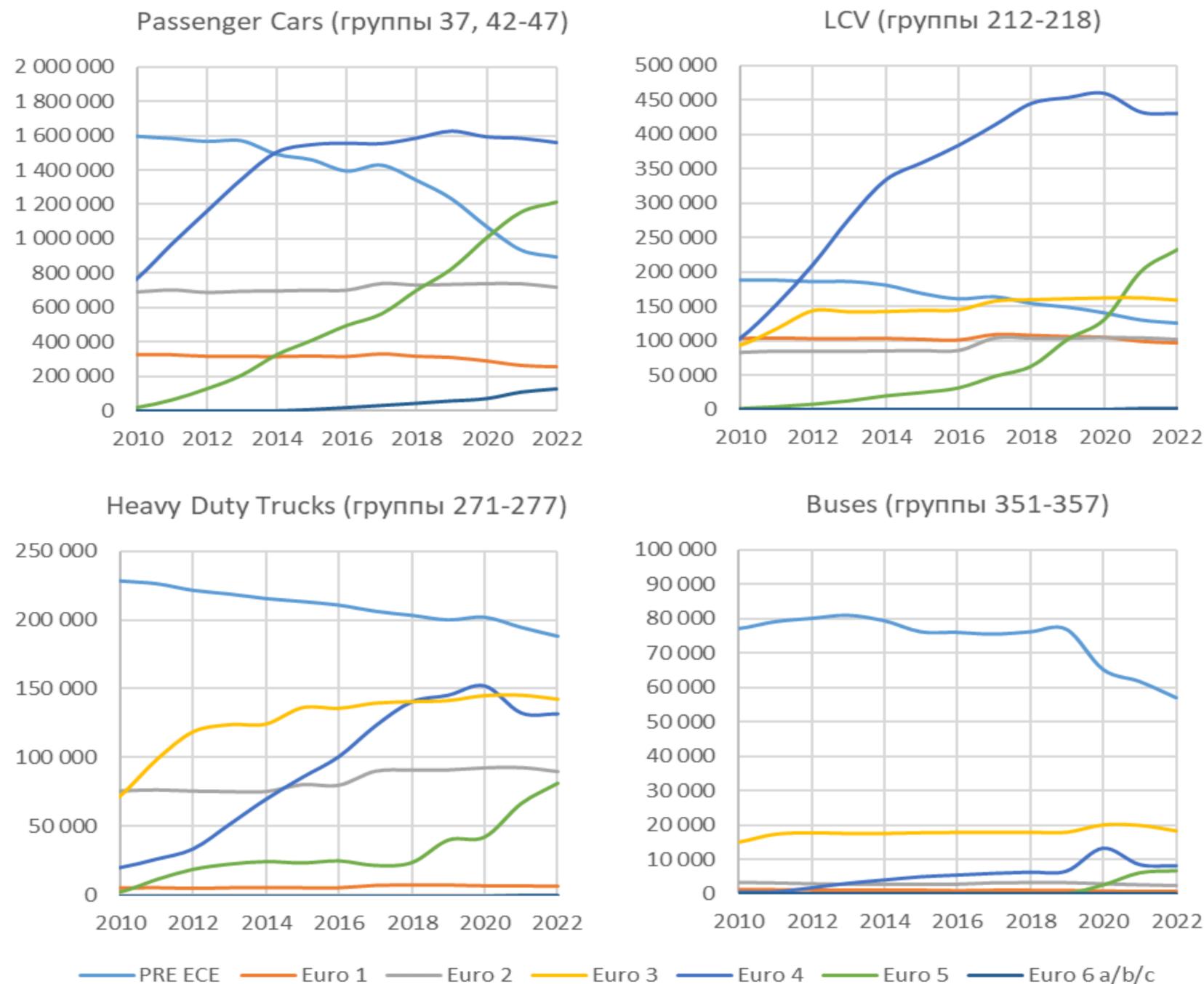
отличается подробной детализацией данных и малым относительным количеством записей, для которых полностью или частично отсутствуют классификационные признаки. Это делает данные второго кластера наиболее подходящими для формирования эталонных БД в целях дальнейшего восстановления пропущенных данных методами искусственного интеллекта.

Дополнительно для формирования эталонных БД по категории РС могут быть использованы и данные третьего кластера (2020-2022 гг.).

Фрагменты структурной модели численности парка АТС

Выборочные результаты восстановления численности парка АТС за 2010-2022 годы по отдельным категориям ТС

Исходная динамика возрастной структуры АТС категории РС (М1)



Меры по повышению достоверности исходных данных и результатов оценки выбросов ПГ дорожным транспортом при составлении Национального доклада о кадастре

Показатель	Национальный доклад о кадастре ПГ, 2022	«Транспортная модель», 2023
Тип, численность АТС, число групп	Число групп АТС по типу по классификации ГИБДД - 6 (М1-3, N1-3). Все АТС группы М1 имеют объём двигателя 1,4...2,0 л, автобусы класса М2 относятся к малым автобусам городским по классификации COPERT, АТС категории М3 распределялись экспертно в равной пропорции между средними и малыми; численность АТС М1, не имеющих полиса ОСАГО, составляет 20 %, остальных категорий АТС – 15 %.	Число групп АТС по типу по классификации COPERT – 206 установлена при использовании реляционной базы данных за период 2010-2022 гг
Возраст АТС	Возраст отдельных групп и моделей АТС не учитывается.	Срок службы, возраст отдельных групп и моделей АТС в 206 расчетных группах установлен при использовании реляционной базы данных за период 2010-2022 гг
Экологический класс АТС	Численность АТС групп М1-3, N1-3 с распределением по экологическим классам формируется с учётом даты ввода в РФ экологических стандартов, данных статистики продаж легковых АТС и экспертных оценок. Количество АТС вычитается экспертно из количества автомобилей, относящихся к классам Евро 0-2 в следующей пропорции: 70% - Евро 0, 20% - Евро 1, 10% - Евро 0; для дизельных АТС М1 пропорция: 36% - Евро 0, 30% - Евро 1, 34% Евро 0	Численность АТС разных экологических классов в 206 расчетных группах установлена при использовании реляционной базы данных за период 2010-2022 гг.
Вид топлива	Учитывается только бензин и дизельное топливо для всех групп АТС.	Численность АТС в расчетных группах на бензине, дизтопливе, КПГ и СУГ установлена при использовании реляционной базы данных за период 2010-2022 гг.
Удельный расход топлива АТС	Удельный расход топлива АТС (на единицу пробега), характеристики разных видов топлива соответствуют значениям удельного расхода ТС и характеристикам топлива в странах ЕС на 2009 г. (программа COPERT по умолчанию). Также по умолчанию принимаются коэффициенты эмиссии ПГ.	Сохранено как в Национальном докладе о кадастре (программа COPERT по умолчанию), но учтено для всех АТС по типу в 206 расчетных группах.
Среднегодовой пробег	Для верификации данных о среднегодовых пробегах АТС используется референтная модель оценки баланса потребляемого топлива (бензина, дизельного) по результатам расчёта потребления топлива парком АТС по COPERT и данных статистики о реализации нефтепродуктов (ТЭБ). Исходные значения пробегов АТС взяты из данных COPERT по умолчанию С возрастом автомобиля его среднегодовой пробег уменьшается.	Установлен для АТС по типу для 206 расчетных групп на основании анализа открытых баз данных объявлений о кумулятивном пробеге при продаже АТС 11 типов (в основном с сайта «Авто.ру») для возрастных подгрупп от 5 до 20 лет с учетом введенного «коэффициента активности парка АТС» для каждой группы. Исходные значения пробегов отличаются от данных базы COPERT.
Дополнительные данные	Среднегодовые скорости на разных типах дорог принимаются по умолчанию в COPERT для всех групп АТС: городская зона – 45 км/ч, магистрали – 60 км/ч, скоростные шоссе – 80 км/ч. Доля распределения движения АТС по категориям дорог составляет: городская зона – 70%, магистрали – 29%, скоростные шоссе – 1%. Среднегодовые температуры, принимаются в среднем на территории РФ.	Среднегодовые интенсивности движения, пробеги разных типов АТС на разных типах дорог, длина поездки установлены на основании данных Росстата (формы 1-ДГ, 3-ДГ, 1-ТР), результатов опросов водителей. Остальные показатели – как в COPERT. Средневзвешенные значений температур в целом для территории России установлены с учетом доли парка в отдельных регионах.

Предложения по практической реализации результатов (кроме формирования раздела «Дорожный транспорт» Национального доклада о кадастре)

- ❖ при **разработке или актуализации документов национальных проектов**, форм государственного статистического наблюдения, в части учета динамики потребления разных видов топлива (энергии) при изменении структуры автомобильных парков по типу энергоустановок и виду используемого топлива (энергии);
- ❖ при внесении изменений и дополнений в Технический регламент Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств», **касающихся определения расхода топлива (энергии) и выброса CO₂ колесными ТС**, и включения полученных данных в формы «Одобрения типа транспортного средства» и «Одобрения типа шасси»;
- ❖ при **совершенствовании расчетной методики расчета выбросов** от автотранспорта при проведении сводных расчетов для городских населенных пунктов в части учета энергопотребления и выбросов CO₂ передвижными источниками – КТС и транспортными потоками, в составе которых находятся транспортные средства на электротяге, с комбинированными энергоустановками, с использованием норм расхода электроэнергии и расходов топлива разного вида одиночными КТС и транспортными потоками (приказ Минприроды России от 27.11.2019 № 804);
- ❖ при **разработке планов повышения энергоэффективности и экологичности** наземного городского транспорта за счет диверсификации источников энергии колесных транспортных средств и транспортных потоков на низкоуглеродные;
- ❖ при **планировании решений и проектировании мероприятий в сфере организации дорожного движения**, а также в целях **повышения эффективности деятельности, связанной с эксплуатацией транспортных средств**, учета расходов и планирования потребления электроэнергии и топлив.

ВЫВОДЫ

1. В РФ отсутствует единая система сбора и обработки исходной информации о деятельности автомобильного транспорта в детализации, необходимой для достоверной оценки прямых выбросов парниковых газов, что необходимо для построения автоматизированной системы мониторинга, отчетности и верификации выбросов ПГ от дорожного транспорта в «Национальном докладе о кадастре...» для решения других задач. С этой целью в ВИП ГЗ разрабатывается единая «Транспортная модель» с использованием программы COPERT.
2. Для уточнения исходных данных в реляционной БД и повышения достоверности оценки ПГ дорожным транспортом Российской Федерации, **необходимо внести коррективы и дополнения в нормативные документы:**
 - форму государственной статистической отчетности Росстата 1-БДД в части увеличения детализации количества АТС разных типов и на разных видах топлива (энергии) в представляемых расчетных группах;
 - Правила ведения государственного реестра транспортных средств, утверждённые постановлением Правительства РФ от 27 декабря 2019 г. N 1874, в части совершенствования структуры базы данных в форме 1-БДД;
 - технический регламент Таможенного союза ТР ТС 018/2011 в части определения расхода топлива (энергии) и выброса CO₂ колесными ТС и включения полученных данных в формы «Одобрения типа транспортного средства» и «Одобрения типа шасси».
3. Предлагается предусмотреть **проведение в 2025 году НИР по совершенствованию «Транспортной модели» - созданию автоматизированной системы расчета выбросов парниковых газов дорожным транспортом РФ при использовании национальных значений удельных расходов топлива (энергии), коэффициентов эмиссии и других показателей одиночных колесных транспортных средств разных типов и на разных видах топлива (энергии), сохранив использование программы COPERT только для верификации некоторых исходных данных и результатов расчетов.**

Спасибо за внимание!

Трофименко Юрий Васильевич

Доктор технических наук, профессор,
зав. кафедрой «Техносферная безопасность»
Московского автомобильно-дорожного государственного
технического университета (МАДИ)