

Е.В. Бондаренко
Г.П.ДВОРНИКОВ

Дорожно – транспортная экология

Учебное пособие

ОРЕНБУРГ - 2004

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра экологии и природопользования

Е.В. Бондаренко
Г.П.Дворников

Дорожно – транспортная экология

Рекомендовано редакционно - издательским советом государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский Государственный Университет» в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по программе высшего профессионального образования по специальности «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов»

Оренбург -2004

ББК 20.1 я 7
Б – 81
УДК 504.056:656 (07)

Рецензенты:

доктор биологических наук, профессор А.М. Русанов,
кандидат технических наук, профессор А.К. Бабушкин

Бондаренко Е.В., Дворников Г.П.

Б-81 **Дорожно – транспортная экология: учебное пособие./ под. Ред.
А.А.Цыщур. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 113 с.**

ISBN 5 –7410 – 0415 –6

Учебное пособие предназначено для студентов специальности «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов», а также для студентов специальностей «Автомобили и автомобильное хозяйство», «Техническая эксплуатация транспортных и технологических машин и оборудования (Автомобильный транспорт)», выполняющих раздел « Охрана окружающей среды» в курсовых работах и дипломных проектах.

В учебном пособии изложены теоретические основы вредного воздействия дорожно-транспортного комплекса на окружающую среду. Рассмотрен системный подход к оценке уровней экологической безопасности дорожно-транспортного комплекса, дано экологическое обоснование необходимости и периодичности технического обслуживания и ремонта транспортных средств в процессе эксплуатации. Представлены методы количественной оценки вредных выбросов в атмосферу и их расчеты. Указываются мероприятия по охране окружающей среды при деятельности автопредприятий и автомобильного транспорта.

Б 1903040000

ББК 20.1 Я

7

ISBN 5 –7410 – 0415 –6

© Бондаренко Е.В., Дворников Г.П., 2004
© ОГУ, 2004

Введение

В Российской Федерации сложилась сложная и неблагоприятная, а в некоторых районах даже острая экологическая обстановка. Около 109 млн. человек, или 73 % всего населения, проживают в неблагоприятной санитарно-гигиенической обстановке. Серьезные экологические проблемы характерны и для Оренбургской области. Поэтому экологическая оценка состояния среды обитания и поиск способов управления ею являются приоритетными направлениями в деятельности инженеров-экологов, а также специалистов разных отраслей промышленности.

Значительный вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносит автотранспорт. Уже сегодня вклад автотранспорта в общий выброс в атмосферу, учитываемых вредных веществ, в среднем по стране составляет 47 %, а в ряде регионов Российской Федерации на его долю приходится более половины всех выбросов. Однако, кроме прямого загрязнения окружающей среды автомобильным транспортом, есть косвенное загрязнение, которое связано с изготовлением, эксплуатацией, техническим обслуживанием и ремонтом автомобилей. Следовательно, оценка экологических последствий комплексного воздействия автотранспорта на среду является актуальной задачей.

Техногенная система «автомобильная дорога – автомобильный транспорт» оказывает многоаспектное воздействие на придорожные зоны: химическое (продукты сгорания топлива, истирания шин, износ покрытия и т.д.) и физическое (механическое, звуковое). Суммарный экологический эффект этого воздействия может быть установлен на основании изучения отклика экосистем придорожных зон (наземных, почвенных и водных). Вещества автотранспортного происхождения воздействуют прежде всего на человека и растительный покров как на один из основных элементов придорожной экосистемы и на основу трофических цепей.

Таким образом, для управления состояния окружающей среды необходимо совместное рассмотрение дорожной и транспортной систем с экосистемами

придорожной зоны. Эти две системы – природная и техногенная - оказывают взаимное влияние друг на друга, что позволяет теоретически обосновать принципы их сопряжения, то есть развитие автомобилизации в пределах экологической емкости ландшафта, а выделение условных блоков «дорожная сеть», «автотранспортные средства» и «придорожные экосистемы», позволяет изучить связь между ними и их составляющими.

Необходимость написания учебного пособия обуславливается отсутствием в настоящее время учебников, в которых содержались бы методические указания по достижению экологических требований при эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте автотранспортных средств.

В учебном пособии использованы материалы диссертационных работ Е.В. Бондаренко, Г.П. Дворникова, О.В. Чекмарёвой, М.В. Короткова, материалы, подготовленные Т.Ф.Тарасовой, И.И. Грековым, А.В. Филипповым, а также опыт работы кафедр «Экология и природопользование», «Техническая эксплуатация и ремонт автомобилей», накопленный при подготовке экологов и инженеров по эксплуатации и ремонту автотранспортных средств.

Учебное пособие «Дорожно-транспортная экология» издаётся впервые и, естественно, авторы ожидают от читателей критических замечаний и пожеланий по его совершенствованию.

1 Характеристика вредного воздействия дорожно - транспортного комплекса на объекты окружающей среды

1.1 Автомобильный транспорт как источник загрязнения окружающей среды

Исследования, проведенные в различных регионах России, свидетельствуют о значительном загрязнении воздуха населенных мест. Огромную роль в формировании загрязнения атмосферного воздуха играют выбросы примесей, образующихся в процессе сгорания топлива. При этом особую остроту приобретает загрязнение воздуха свинцом, кадмием, бенз(а)пиреном и другими химическими веществами.

В современном городе бесспорное лидерство в деле ухудшения экологической ситуации - за автомобильным транспортом. Это наглядно отражено в приведенном здесь материале. Вот несколько причин, которые обуславливают неблагоприятное воздействие транспорта на окружающую среду:

- 1) отсутствие четких экологических ориентиров при принятии решений в области развития и обеспечения функционирования транспорта;
- 2) неудовлетворительные экологические характеристики производимой транспортной техники;
- 3) недостаточный уровень технического содержания парка машин;
- 4) недостаточное развитие дорог и их низкое качество, а также недостатки в организации перевозок и движения транспортных средств.

Рядом исследователей показана высокая корреляция между величиной транспортного потока и содержанием в воздухе пыли, органических веществ и тяжелых металлов. Отмечено, что при интенсивности движения 314 единиц/час запыленность воздуха на тротуарах превышает ПДК. Причем влияние выбросов транспортных средств проявляется на расстоянии 1-2 км от автотрассы и распространяется на высоту 300 м и более.

При обсуждении негативных последствий автомобилизации чаще затрагивают наиболее явную проблему - дорожно-транспортные происшествия (ДТП), представляющие непосредственную опасность для жизни людей. Еже-

годно в результате ДТП в мире гибнут сотни тысяч человек, а несколько миллионов человек получают увечья и травмы. Перед этими тревожными, острыми сиюминутными потерями отступают на второй план потери, замедленные во времени. Систематическое отравление токсичными и ядовитыми веществами, воздействие шумов убивает не сразу. Изменения в организме человека происходят постепенно и становятся причиной болезней, которые иногда невозможно вылечить. По статистике, такой человек считается погибшим от конкретного заболевания. Только решительные меры, направленные, если не на полную ликвидацию отрицательных экологических последствий от автомобилизации, то, по крайней мере, на строгое соблюдение нормативов по экологической безопасности автомобилей, ограничение использования наиболее экологически «вредных» автомобилей в городах, позволит снизить их воздействие на организм человека.

Закон Российской Федерации «Об охране окружающей природной среды» определяет меры организационного, правового, экономического и воспитательного воздействия на владельцев автомобилей в нашем обществе. Он – основа формирования и укрепления экологического правопорядка, обеспечения экологической безопасности страны.

Большое внимание охране окружающей среды уделяют мировые автомобилестроительные державы. В европейских странах эта проблема решается в направлениях совершенствования конструкций двигателей внутреннего сгорания (ДВС), государственного регулирования путем введения жестких норм на выбросы [нормы ЕЭК ООН] и реализации соответствующих экологических программ.

Если на сегодняшний день отечественное автомобилестроение удовлетворяет требованиям Евро II, то в странах Европы действуют требования норм Евро III, а к 2005 году - Евро IV. Так, если для легковых автомобилей норма на выброс оксида углерода по нормам Евро I составляет 2,72 г/км, то по нормам Евро IV - 1,0 г/км для бензиновых двигателей и 0,5 г/км для дизельных. Следует

отметить, что эти требования распространяются на автомобили, имеющие пробег в 80 тысяч километров и более.

Таким образом, автомобильный транспорт является мощным источником загрязнения природной среды, причем количество выбросов в атмосферу от него определяется численностью автопарка и его техническим состоянием.

Новые социально-экономические условия обусловили с начала 90-х годов замедление темпов развития промышленности. Вместе с тем, происходило бурное развитие автомобильного транспорта, что привело к диспропорции между темпами роста автомобилей и объемом дорожного строительства. Отсутствие кольцевых и поперечных связей в периферийной части города привело к перегрузке магистралей и увеличению транспортного потока в центральной части города.

На долю автомобильного транспорта Оренбургской области приходится 40-45 % всех антропогенных загрязнений атмосферы, а в городе Оренбурге – 77 %. Количество выбросов отработавших газов (ОГ) от автомобилей в городах Оренбургской области представлено в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Количество выбросов от автотранспорта в городах Оренбургской области в 1998 г, тыс. т.

Город	Количество выбросов, тыс.т./ГОД			
	Всего	СО	NO _x	C _x H _y
Оренбург	93,3	63,3	15,5	14,5
Орск	30,4	21,6	3,8	5,0
Новотроицк	8,2	5,7	1,1	1,4
Медногорск	2,8	2,0	0,4	0,4
Кувандык	0,7	0,5	0,1	0,1

Вместе с тем, данные государственной отчетной ежегодной формы «2тп-воздух» не учитывают выбросы от индивидуального автотранспорта, что занижает данные о суммарном выбросе в 1,88-1,93 раза.

Таблица 1.2 - Структура выбросов отработавших газов от автотранспорта и от стационарных источников автотранспортных предприятий в атмосферу г.Оренбурга

Величина выбросов	1999 г		2003 г	
	тонн	%	тонн	%
От автотранспорта, в том числе от индивидуального	176712	73,4	182084	76,8
	65730	27,3	97220	41,0
От стационарных источников	63919	26,6	55098	23,2
Суммарная (от всех источников)	240631	100,0	237182	100,0

Таким образом, подтверждается увеличение угрозы для здоровья населения от воздействия выбрасываемых токсичных газовых компонентов в атмосферу транспортными средствами, количество которых непрерывно возрастает.

1.2 Характеристика автомобильного парка Оренбургской области – источника загрязнения окружающей среды

В промышленных городах в настоящее время, ведущее значение в формировании эколого-гигиенических проблем приобрел автомобильный транспорт. Автомобильные дороги разного качества связывают все населенные пункты области. Длина автодорог составляет 20 539 км, с внутривозовскими — превышает 30 тыс. км. Дороги с твердым покрытием составляют 97,1 % дорог общего пользования (по России — 87,8 %). Однако 60 % из них относится к дорогам четвертой категории, то есть они имеют щебеночное или гравийное покрытие.

Число автомобилей за три - пять лет во многих городах России удвоилось, а кое-где даже утроилось. Оренбургская область не является исключением, количество автомобильного транспорта в последнее время здесь также увеличилось. Если рассмотреть динамику формирования автомобильного парка г.

Оренбурга за последние несколько лет, то наблюдается его рост в 1,3 раза (в 1994 году - 88855 единиц, а в 1998 году - 114556 единиц), причем имеет место приоритетный рост числа легковых автомобилей (до 31 %).

Эта тенденция сохраняется и в других промышленных городах области. Ранее многие исследователи показали, что количество и качественный состав отработавших газов двигателей внутреннего сгорания многих автомобилей является функцией их технического состояния (длины пробега, времени эксплуатации и т.д.). Следовательно, для оценки и прогноза влияния выбросов от автотранспорта на качество воздушной среды количественные показатели являются необходимыми, но недостаточными характеристиками. Проведенный анализ количественного и качественного состава автомобильного парка в городах Оренбургской области показал следующее (таблицы 1.3, 1.4).

Таблица 1.3 - Количественный состав автомобильного парка в городах Оренбургской области в 1999 году

Города	Автомобильный парк, количество единиц			
	легковые	грузовые	автобусы	всего
Оренбург	80085	15032	3394	114378
Орск	38726	6485	709	61761
Новотроицк	14656	2044	400	26510
Область	290871	68321	8709	402039

В 1999 году легкой автотранспорт в Оренбургской области составил 72 % от автопарка, грузовой – 17 %, автобусы – 2 %. В г. Оренбурге легковые автомобили составляют 70 % от их общего числа, грузовики - 13 %, автобусы – 3 %. Во всех городах Оренбургской области более 50 % автопарка составляют легковые автомобили. Далее был проведен анализ времени эксплуатации автомобилей области (таблица 1.4).

Таблица 1.4 - Качественная характеристика автомобильного парка Оренбургской области в 1999 году

Вид транспорта	Срок эксплуатации
----------------	-------------------

	менее 5 лет, %	от 5 до 10 лет, %	свыше 10 лет, %
Легковой	19,9	40,1	40
Грузовой	15,4	50	34,6
Автобусы	21,1	51,9	27

Следовательно, самую многочисленную группу (более 47 % автопарка) в Оренбургской области составляет транспорт со сроком эксплуатации от 5 до 10 лет. Только 15 - 20 % от всего количества автотранспорта эксплуатируется менее 5 лет. Причем наименьший процент в этой категории имеет грузовой транспорт. Автотранспорт со сроком эксплуатации свыше 10 лет составляет 34 %. В областном центре (г. Оренбург) эта тенденция сохраняется, только количество сравнительно новой техники увеличивается до 23 % (таблица 1.5). За счет старения автомобильного парка в период с 1998 по 1999г его прирост в г. Оренбурге составил - 0,2 %.

Таблица 1.5 - Качественная характеристика автомобильного парка г.Оренбурга

Вид транспорта	Срок эксплуатации		
	менее 5 лет, %	от 5 до 10 лет, %	свыше 10 лет, %
Легковой	22,6	41	36,4
Грузовой	20,7	43	36,3
Автобусы	23,6	43,4	33

Для оценки экологической безопасности автомобильного парка г. Оренбурга следует исходить из следующих тенденций:

1) несмотря на резкое увеличение количества легковых автомобилей за последние годы, большегрузные автомобили в промышленных городах остаются основными источниками загрязнения воздуха. Это во многом связано со сложившейся структурой парка, в котором более 60% приходится на автомобили средней грузоподъемности. Использование их для перевозок мелких партий товаров сопряжено с излишним расходом топлива на тонну перевезенного груза, а следовательно, с неоправданно большими выбросами вредных веществ. С точки зрения как экономичности, так и экологичности следует, что в городах

должны эксплуатироваться преимущественно автомобилями грузоподъемностью 1...3 т, а на междугородных перевозках - 15 т и более. Это снижает не только затраты на перевозки, но и негативное воздействие на окружающую среду. Увеличение доли грузовых автомобилей малой и большой грузоподъемности до 30 % и 45 %, соответственно, и сокращение за счет этого на четверть грузового автопарка уменьшили бы условный выброс загрязняющих веществ в атмосферу на 20 %;

2) продолжительность эксплуатации многих автомобилей, динамика их количественного изменения на автотранспортных предприятиях г. Оренбурга составляет 10 и более лет, поэтому пробег у большинства из них превышает 100 тыс. км. То есть, у большинства автомобилей с дизельными двигателями, экологические характеристики однозначно выходят за нормативные требования не только ЕЭК ООН, но и отечественных стандартов (ГОСТ 17.2.2.01. - 84; ОСТ 37.001.234; ОСТ 37.001.054.86; ОСТ 37.001.070.94), хотя эти правила обязывают производителей автотранспортных средств гарантированно обеспечивать сохранение экологических характеристик автомобилей при пробеге 80 тыс. км. Однако, в условиях Оренбургской области, на данный момент видимое снижение объемов основных загрязнений, в том числе и автомобильных, с экономических позиций представляется отдаленной перспективой. Невысокий технический уровень сервисного обслуживания отечественных автомобилей, длительные сроки эксплуатации парка автотранспортных средств, при отсутствии гарантий автомобиля в процессе эксплуатации - все это делает затруднительной точную оценку реальных выбросов вредных веществ автомобильным транспортом. Это можно видеть по результатам оценки влияния отклонений режимных параметров двигателей на выбросы вредных веществ в результате нарушения требований к регулировке при эксплуатации автотранспортных средств. Дизельные двигатели по ряду экологических показателей предпочтительнее бензиновых (например, при их эксплуатации ниже уровень выброса СО и непредельных углеводородов). Однако, они отличаются повышенной эмиссией диоксида азота и твердых частей, в частности сажи. Наиболее значительный пере-

расход топлива наблюдается при неисправностях топливной аппаратуры, что негативно сказывается на всех экологических показателях автомобиля.

Борьба с автомобильными выбросами должна вестись, в основном, за счет улучшения экологических характеристик парка эксплуатируемых автотранспортных средств (АТС), такого улучшения можно добиться:

- через поэтапное обновление эксплуатируемого парка путем замены выходящих из эксплуатации АТС на более «Экологически безопасные» или путем модернизации эксплуатируемых АТС за счет оснащения их нейтрализаторами, газовой аппаратурой и т.д.;
- через поддержание определенного уровня экологических характеристик АТС в процессе их эксплуатации, путем своевременного и качественного проведения диагностики и ТО.

Таким образом, тенденции по количеству и качеству автомобильного парка в Оренбургской области позволяют сделать прогноз об усилении в дальнейшем его неблагоприятного влияния на качество атмосферы.

1.3 Характеристика автомобильных дорог – источника ландшафтно-го загрязнения в промышленном городе

Улицы современного города представляют собой сложные инженерные сооружения. Они определяют лицо города, степень его благоустройства. Городские улицы связывают в единую транспортную сеть жилые, промышленные, административные районы и служат для движения городского транспорта и пешеходов, а также размещения зданий и других элементов оборудования и благоустройства. Проезжая часть, тротуары, полосы зеленых насаждений - все, что расположено между границами застройки, образует улицу. Современные улицы должны удовлетворять ряду требований, главным из которых является удобство и безопасность движения транспорта и пешеходов. Но, как отмечалось выше, улица любого города представляет собой протяженный источник выбросов выхлопных газов и пыли. И поэтому для оценки качества атмосферы

в промышленном городе следует оценивать не только состояние автомобильного парка, но и состояние автомобильных дорог.

При принятии многих технических и экологических решений необходима оценка и категорирование улиц г. Оренбурга согласно их габаритов и существующего СНиП 2.07.01-89*. Проведенный в работе анализ двадцати пяти улиц и дорог г. Оренбурга позволил выявить следующую картину (таблица 1.6).

Таблица 1.6 - Характеристика дорог г. Оренбурга

Название улицы	Ширина дороги, м	Длина дороги, м	Расстояние до линии застройки, м	Покрытие	Классификация улиц и дорог по назначению
1	2	3	4	5	6
Пр. Победы	9-15	6900	10-100	асфальт	Магистральная улица общегород. значения
Пр. Дзержинского	15	2400	35-60	асфальт	Магистральная улица общегород. значения
Терешковой	20	5700	10-30	асфальт	Магистральная улица общегород. значения
Пролетарская	10-15	6300	10-20	асфальт	Магистральная улица общегород. значения
Пр. Бр. Коростелевых	20	3600	30-40	асфальт	Магистральная улица общегород. значения

Продолжение таблицы 1.6

1	2	3	4	5	6
Володарского	15	1500	8	асфальт	Магистральная улица общегород. значения
Туркестанская	15	2250	8-15	асфальт	Магистральная улица общегород. значения

Чичерина	15	1350	6-10	асфальт	Магистральная улица общегород. значения
Чкалова	20	3150	35	асфальт	Магистральная улица общегород. значения
Пр. Гагарина	30	3000	40	асфальт	Магистральная улица общегород. значения
Салмышская	13	1650	40-60	асфальт	Магистральная улица районного значения
Новая	12	750	50	асфальт	Магистральная улица районного значения
Родимцева	12	1500	40	асфальт	Магистральная улица районного значения
Шевченко	14	5400	10-15	асфальт	Магистральная улица районного значения
Цвиллинга	13	1650	10	асфальт	Магистральная улица районного значения
Советская	8-10	3000	5-10	асфальт	Магистральная улица районного значения
Комсомольская	9	3450	8	асфальт	Улица и дорога местного значения
Юных Ленинцев	8	750	25	асфальт	Улица и дорога местного значения

Продолжение таблицы 1.6

1	2	3	4	5	6
Маршала Жукова	10	1500	15-25	асфальт	Улица и дорога местного значения
Ленинская	10	750	5	асфальт	Улица и дорога местного значения

Постникова	10	1200	5	асфальт	Улица и дорога местного значения
60 лет Октября	10	1200	10-20	асфальт	Улица и дорога местного значения
Восточная	10	1500	15-70	асфальт	Улица и дорога местного значения
Астраханская	3	800	5	грунт	Улица и дорога местного значения
Магнитогорская	3	920	5	грунт	Улица и дорога местного значения

Наибольшую ширину дороги 20-30 м имеют четыре улицы. Это улицы пр. Гагарина, Терешковой, пр. Бр. Коростелевых и Чкалова. У шести улиц ширина дороги составляет 15 м, в их числе пр. Победы, пр. Дзержинского, Пролетарская и др. Шесть улиц, таких как Салмышская, Шевченко, Цвиллинга и др., имеют ширину дороги от 12 до 14 м. Семь улиц (Комсомольская, Ленинская, Восточная и др.) имеют ширину дороги от 8 до 10 м. И только у двух улиц (Астраханской и Магнитогорской) ширина дороги составляет 3 м. Наибольшую длину дороги имеют следующие улицы: пр. Победы - 7000 м, Пролетарская - 6300 м, Терешковой — 5700 м, Шевченко - 5400 м. Наименьшую длину дороги (от 750 до 900 м) имеют улицы Ленинская, Астраханская, Магнитогорская и Новая. Остальные улицы имеют длину дороги от 1500 до 3500 м. Из двадцати пяти проанализированных улиц двадцать три имеют асфальтовое покрытие и только две (Астраханская и Магнитогорская) имеют временное покрытие.

В соответствии со СНиП 2.07.01-89* улицы и городские дороги разделяют на следующие категории: скоростные дороги, магистральные улицы общегородского и районного значения, улицы и дороги местного значения, проезды, пешеходные и парковые дороги (таблица 1.7).

Распределение транспортных потоков по улицам и дорогам должно осуществляться в соответствии с их назначением. Скоростные дороги и магист-

ральные улицы формируются более капитально. Они выдерживают большие нагрузки и движение с повышенными скоростями. Ширина городских улиц в пределах красных линий также связана с их назначением и должна быть не менее: для магистральных улиц общегородского значения с непрерывным движением - 75 м, а с регулируемым движением - 60 м, магистральных улиц районного значения - 35 м, жилых улиц при многоэтажной застройке - 25 м, при одноэтажной застройке и закрытом водоотводе - 15 м. Причем ширина проезжей части и тротуаров должна соответствовать размерам движения. Ширину полосы в 3,75 м принимают при расчетной скорости движения транспорта по дороге 27,7 м/с (100 км/ч). Ширину полосы движения 3,5 м назначают для дорог с троллейбусным и автобусным движением. Полосы шириной 3 м принимают при движении по дороге главным образом легкового транспорта. При устройстве двухполосной проезжей части и незначительной интенсивности движения ширину каждой полосы принимают равной 2,75 м.

Анализ улиц и дорог г. Оренбурга по выше описанной схеме показал, что к магистральным улицам общегородского значения регулируемого движения относятся десять улиц, в том числе: улицы Чкалова, Гагарина, Бр. Коростелевых, Терешковой. Они имеют четыре полосы движения, с шириной одной полосы равной 3,7 м. Улицы Шевченко, Салмышская, Новая, Родимцева и др. следует отнести к магистральным улицам районного значения. Для них характерно наличие четырех полос движения, ширина одной полосы 3,5 м. Девять улиц и дорог мы относим к дорогам местного значения - это улицы Комсомольская, Юных Ленинцев, Орская, С. Разина и др. Они имеют две полосы движения, ширина одной полосы равна 3 м. Но следует отметить, что на многих магистральных улицах города линия застройки приближена к полотну дороги на расстояние до десяти метров (улицы Володарского, Чичерина).

Таблица 1.7 - Классификация улиц и городских дорог

Классификация категорий улиц и дорог	Основное назначение улиц и дорог	Расчетная скорость движения, км/ч
Скоростные дороги	Скоростная транспортная связь между районами крупнейшего или крупного города и между городами и другими населенными пунктами с развязкой движения транспорта в разных уровнях	120
Магистральные улицы и дороги: а) общегородского значения	Регулированного движения транспортная связь в пределах города между жилыми, промышленными районами и общественными центрами, а также с магистральными улицами непрерывного движения	80
б) районного значения	Транспортная связь в пределах района и с магистральными улицами общегородского значения	80
в) дороги грузового движения	Перевозка промышленных и строительных грузов, осуществляемая вне жилой застройки, между промышленными и коммунально-складскими зонами города	80
Улицы и дороги местного значения: а) жилые улицы	Транспортная и пешеходная связь жилых микрорайонов с магистральными улицами	60
б) дороги промышленных и коммунально-складских районов	Перевозка промышленных и строительных грузов в пределах района, обеспечение связи с дорогами грузового движения	60
в) пешеходные улицы и дороги	Пешеходная связь с местами приложения труда, учреждениями и предприятиями обслуживания, местами отдыха и остановками	60
г) проезды	Транспортная связь в пределах микрорайонов	30

Особенно часто такая картина наблюдается в центральной и старой части города Оренбурга. В новых микрорайонах жилые дома на магистральных улицах находятся на расстоянии 50-100 м от полотна дороги и отделены от проезжей части лесопосадкой. Но сейчас вновь наблюдается строительство домов вблизи дорожного полотна, что следует считать совсем неприемлемым для города.

Магистральные улицы общегородского значения регулируемого движения в г. Оренбурге составляют 10 %, более 50 % составляют улицы и дороги местного значения, из них 44 % приходится на дороги, имеющие временное покрытие (рисунок 1.1). Причем, временное покрытие характеризуется интенсивным образованием пыли в результате взаимодействия автомобиля с дорогой. Дороги с временным покрытием соединены воедино с магистральными улицами, следовательно, можно ожидать вынос большого количества пылевидного материала на проезжую часть этих улиц.

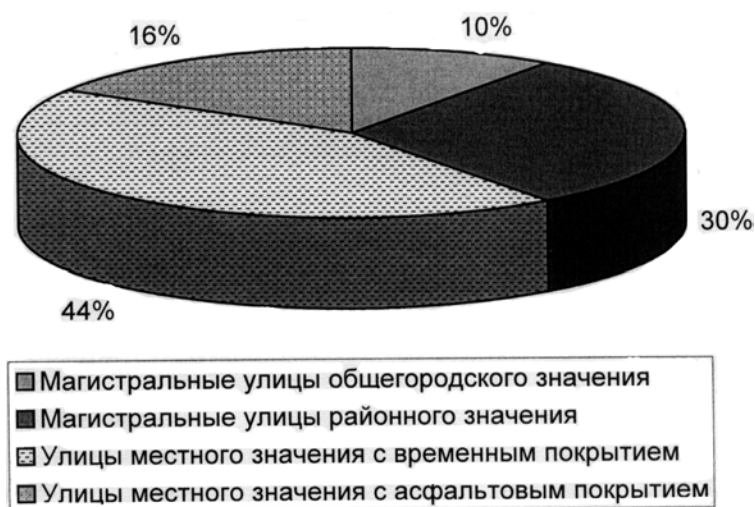


Рисунок 1.1 Процентное содержание дорог различного назначения в г.Оренбурге

Но для полной оценки загруженности улиц и дорог необходимо учитывать еще такой важный показатель как интенсивность движения АТС (количество транспортных средств в час). Поэтому должна быть проведена оценка интенсивности движения транспорта на дорогах г. Оренбурга. Оценка осуществляется по составу транспортного потока и его интенсивности в разное время су-

ток и в разные сезоны года в течении нескольких лет. Подсчет (в обоих направлениях) проводится во временном промежутке в один час. При описании структуры транспортного потока учитываются основные категории транспортных средств: легковые и грузовые автомобили, автобусы. В таблице 1.8 дана интенсивность движения на трех улицах города в разные время суток.

Таблица 1.8 - Интенсивность движения автотранспорта в разное время суток (летний период)

Название улицы	Интенсивность движения за 1 час				Общая интенсивность за час	Среднесезонная интенсивность
	Время	легковые	грузовые	автобусы		
МОЗ (пр. Победы)	утро	1281	21	210	1500±300	1300±700
	день	1506	15	153	1700±300	
	вечер	1749	24	195	2000±400	
	ночь	42	6	6	18±9	
МРЗ (Салмышская)	утро	210	69	45	300±70	210±110
	день	177	51	21	250±50	
	вечер	156	66	39	260±50	
	ночь	9	3	6	6±3	
УМЗГ (Астраханская)	утро	24	3	0	27±3	30±25
	день	65	5	0	70±7	
	вечер	15	1	0	16±2	
	ночь	1	0	0	1±1	

Примечание: МОЗ - магистральная улица общегородского значения регулируемого движения; МРЗ - магистральная улица районного значения; УМЗГ - улица местного значения с временным покрытием.

Полученные результаты показывают, что средняя интенсивность транспортного потока на контролируемых улицах составляет 846 ± 102 единиц в час, максимальная 2500 единиц в час. В структуре движения преобладает легковой транспорт – 59 %, грузовой - в среднем 18 %, автобусы и троллейбусы – 23 %. Количество улиц с интенсивностью движения выше среднего в зимний период составляет 36 %, со средней и малой интенсивностью соответственно - 35,4 % и 28,6 %. В весенне-летний период процент улиц с высокой интенсивностью

увеличивается в 1,5 раза (57 %), а улиц со средней и низкой интенсивностью уменьшается до 21,5 %.

Интенсивность движения на магистральных улицах увеличивается в 50 раз по сравнению с улицами местного значения. Наибольшая интенсивность движения наблюдается в летний период года, и по сравнению с зимним периодом интенсивность движения увеличивается в 1,3 - 2 раза (для магистральных улиц), для улиц местного значения интенсивность по сезонам изменяется незначительно. В течение суток практически на всех улицах наибольшая интенсивность транспортных потоков наблюдается в утренние и дневные часы. Но на некоторых улицах в центральной части города (Володарского, Пр. Победы, Терешковой и т.д.) высокая интенсивность движения наблюдается и в вечернее время, особенно в весенне-летний период. Причем в транспортном потоке преобладают легковые и грузовые автомобили, для автобусов максимальная интенсивность движения характерна в утренние и вечерние часы.

В специальной литературе существует классификация транспортных условий, основанная на интенсивности движения транспортного потока: легкие - до 1100, средние - 1100-1900, затруднительные - 1900-2500, тяжелые -2500-3000 и критические - 3000-4000 и выше транспортных средств в час.

Кроме того, дороги по интенсивности движения транспортных средств категоризируют следующим образом:

- автомобильной дорогой (в дальнейшем дорога) I технической категории считается дорога с интенсивностью движения более 7000 транспортных средств в сутки, со скоростью движения 150 км/ч, с усовершенствованным капитальным покрытием и с четырьмя и более полосами движения;

- за автомобильную дорогу II технической категории принимают дорогу с интенсивностью движения 3000- 7000 транспортных средств в сутки, со скоростью движения 120 км/ч, с усовершенствованным капитальным покрытием и с двумя полосами движения;

- автомобильная дорога III технической категории - дорога с интенсивностью движения 1000-3000 транспортных средств в сутки, со скоростью движе-

ния 100 км/ч, с усовершенствованным облегченным покрытием и с двумя полосами движения;

- автомобильная дорога IV технической категории - дорога с интенсивностью движения 200-1000 транспортных средств в сутки, со скоростью движения 80 км/ч, с усовершенствованным облегченным покрытием или переходным покрытием и с двумя полосами движения;

- автомобильная дорога V технической категории - дорога с интенсивностью движения менее 200 транспортных средств в сутки, со скоростью движения до 60 км/ч, с переходным или низшим покрытием и одной полосой движения.

Следовательно, специалистом может быть проведено ранжирование автомобильных дорог в городе по интенсивности движения согласно существующей классификации. В таблице 1.9 дана оценка дорог по интенсивности движения транспортного потока на примере нескольких улиц г. Оренбурга. Анализ улиц и дорог по данной схеме показал, что магистральные улицы общегородского значения с регулируемым движением относятся к дорогам I технической категории, так как интенсивность движения на них более 7000 транспортных средств в сутки. Магистральные улицы районного значения по интенсивности могут относиться к дорогам I и II технической категории, что связано с их расположением на территории города. Магистральные улицы районного значения, находящиеся в центральной части города (например, улицы Цвиллинга, Шевченко), имеют интенсивность движения в 5 раз большую, чем в др. районах и поэтому относятся к дорогам I категории.

Дороги местного значения расположенные в центральной части города (Ленинская, Постникова и др.) также относятся к дорогам I категории. Большой части дороги местного значения относятся к дорогам IV и V категории в зависимости от типа покрытия.

Таблица 1.9 - Классификация дорог по интенсивности движения

Название улицы	Классификация дорог по назначению	Интенсивность движения по сезонам, авт./час				Среднегодовая интенсивность, авт./час	Техническая категория дороги	Транспортные условия
		зима	весна	лето	осень			
пр. Победы	Магистральная улица общегород. значения	1000± 700	1200± 700	1300± 700	1200± 700	1200± 700	I	Средние
пр. Дзержинского	Магистральная улица общегород. значения	600± 300	600± 300	700± 400	620± 310	630± 300	I	Легкие
Салмышская	Магистральная улица районного значения	200± 100	200± 100	210± 110	200± 100	200± 100	II	Легкие
Шевченко	Магистральная улица районного значения	1000± 300	1050± 300	1100± 400	1050± 300	1050± 300	I	Легкие
Ленинская	Улица и дорога местного значения (асфальт)	840± 250	880± 260	1000± 300	900± 300	900± 300	I	Легкие
Астраханская	Улица и дорога местного значения (грунт)	20±15	30±26	30±25	25±20	26±20	V	Легкие

Таким образом, улицы промышленного города могут быть отранжированы по их значению для города и по интенсивности движения транспортных средств по ним. Самыми загруженными в г. Оренбурге являются маги-

стральные улицы общегородского и районного значения, улицы местного значения выполняют второстепенные функции.

1.4 Воздействие автомобильных выбросов на здоровье человека

Гигиенисты и экологи большое внимание уделяют мониторингу примесей атмосферного воздуха, особенно выделяемых автотранспортными средствами. Причем в программе глобального экологического мониторинга для всех стран, принятого ООН, фигурируют диоксид азота, диоксид серы, сероводород, сульфаты, кадмий, свинец, ртуть. В 1980 году в эту программу были дополнительно внесены хром, медь, олово, молибден, ванадий, марганец, никель, сурьма, мышьяк, селен.

Вредные вещества, выбрасываемые в атмосферу имеют разную токсичность и опасность, для которых рассчитывается коэффициент токсичности и коэффициент агрессивности. Коэффициент токсичности i -го вредного вещества (K_i), равен отношению среднесуточной ПДК_{СС} определяемого i -го вредного вещества к ПДК_{СС} оксида углерода, условно принятой за единицу, хотя с точки зрения токсичности - это не очень научно, так как сам оксид углерода токсичен вплоть до смертельных отравлений.

В таблице 1.10 приведены значения K_i для ряда вредных веществ, наиболее характерных для ОГ.

Из сравнения величин K_i следует, что при анализе токсичности ОГ особое внимание необходимо обратить на бенз(а)пирен и свинец, так как даже небольшие изменения их количеств, например при переходе на другую марку бензина, могут привести к значительному изменению общей токсичности ОГ.

Таблица 1.10 - Величины среднесуточных предельно допустимых концентраций, коэффициент токсичности (К_i) и степень опасности компонентов ОГ

Компонент ОГ	ПДК _{ср} , мг/м ³	К _i	Класс опасности
Контролируемый по ОСТ 37.001.054-86			
СО	3	1	4
С _х Н _у	5,0	1,7	4
NO _х	0,085	11,8	2
Не контролируемый по ОСТ			
Сажа (без учета ПАУ)	0,05	20	2
Свинец	0,0007	1430	1
ПАУ (в пересчете на бенз(а)пирен)	0,000001	1000000	1
С _п НО (в пересчете на формальдегид)	0,012	83	2
SO ₂	0,05	20	3

ОГ ДВС содержат сложную смесь, насчитывающую более 280 соединений. В основном это газообразные вещества и небольшое количество твердых частиц, находящихся во взвешенном состоянии. По химическим свойствам и характеру воздействия на организм человека вещества, составляющие ОГ, разделяются на нетоксичные (N₂, O₂, H₂O, H₂) и токсичные (СО, СО₂, С_хН_у, NO_х, SO₂, H₂S, альдегиды и др.) таблица 1.10. Многообразие соединений выхлопа ДВС сведено к нескольким группам, сходным по характеру воздействия на организм человека или родственным по химической структуре и свойствам. Нетоксичные вещества вошли в первую группу.

Ко второй группе отнесен оксид углерода, присутствие которого в количестве до 12 % характерно для ОГ бензиновых двигателей при работе на богатых топливовоздушных смесях.

Третью группу образуют оксиды азота: оксид (NO) и диоксид (NO₂). В ОГ бензиновых двигателей содержится 98...99 % NO и 1...2 % NO₂; а в ОГ дизельных двигателей - соответственно 90 и 10 %.

Четвертая группа включает углеводороды всех гомологических рядов: алканы, алкены, алкадины, циклические, в том числе ароматические углеводороды, среди которых много канцерогенов.

Пятую группу составляют альдегиды (60 % формальдегида, 32 % алифатических и 5 % ароматических альдегидов).

К шестой группе отнесены твердые частицы, основная часть которых сажа - твердые углеродные частицы, образующиеся в пламени.

Выбросы вредных веществ от автотранспорта дают около 13 % полициклических ароматических углеводородов, содержащихся в атмосферном воздухе и до 80 % бензола.

Особую опасность представляет применение этилированного бензина. Использование антидетонационных добавок, содержащих свинец, привело к тому, что автотранспорт является основным источником выбросов свинца в виде аэрозоля, неорганических солей и оксидов свинца в атмосферу. Это приводит к значительному загрязнению свинцом атмосферного воздуха, а также почвы и растительности на территориях, прилегающих к автострадам. Установлено, что вблизи оживленных магистралей концентрация свинца в воздухе днем достигает $3,9 \text{ мкг/м}^3$, ночью $1,7 \text{ мкг/м}^3$ (при ПДК равной $1,0 \text{ мкг/м}^3$), причем на загородных дорогах концентрация свинца находится в пределах $0,3 \dots 1,0 \text{ мкг/м}^3$. Считается, что каждый автомобиль ежегодно выбрасывает в воздух 1 кг свинца. После введения неэтилированных сортов бензина в отработавших газах появились марганец, кадмий и никель. Причем, в бензине могут содержаться, наряду с вышеперечисленными металлами, цинк, медь, железо, сурьма, бор, магний.

В «капельные потери» входят различные масла, консистентные смазки и жидкости, состав и количество которых практически не поддаются учету.

Продукты коррозии, в зависимости от типа защитного покрытия и способа легирования стали, содержат различные концентрации кадмия, цинка и меди.

В продуктах износа тормозных накладок обнаружены медь, свинец, хром, никель, цинк. В продуктах истирания дорожного покрытия, особенно бетонно-

го, содержатся свинец и цинк. В Германии продукты износа автомобильных шин в 1982 г. составили 44 тыс. тонн. В их состав, в зависимости от типа и марки шин, входят оксид цинка (1,5...2,0 %), кадмий, медь, свинец. Поэтому выявляется высокое содержание свинца, меди, цинка, кадмия в почве и растительности, взятых с газонов вдоль автомагистралей. Содержание в почве свинца и кадмия обнаруживается на расстоянии 120...180 м от автодороги.

Уровень загрязнения атмосферного воздуха примесями в значительной мере определяет состояние здоровья населения территории. Неблагоприятное влияние оказывают примеси, в концентрациях, превышающих ПДК. Особо опасны токсические вещества, обладающие ярко выраженным специфическим эффектом: аллергизирующим, тератогенным, канцерогенным и др. Поэтому качество атмосферного воздуха селитебных территорий постоянно контролируется государственными организациями.

Установлено, что заболеваемость населения, проживающего на территории крупных индустриальных узлов и в зонах влияния промышленных предприятий, в 1,5-2 раза выше, чем в наиболее отдаленных от промышленных объектов районах.

Причем считается, что на человека, проживающего в промышленном районе, потенциально может воздействовать несколько сотен химических веществ. Реально, в конкретном районе в относительно высоких концентрациях ($C_i > ПДК_i$) присутствует ограниченное число химических веществ. Однако комбинированное действие атмосферных загрязнителей может приводить к усилению вызываемых ими токсических эффектов.

На территории с загрязненной атмосферой увеличивается, в первую очередь, распространенность болезней органов дыхания и инфекционных заболеваний. Ведущей нозологической группой являются заболевания органов дыхания, которые занимают первое место в структуре общей заболеваемости населения. В формировании заболеваемости органов дыхания ведущую роль играют острые респираторные заболевания верхних дыхательных путей. Несмотря на имеющийся спад производства (до 50 %), проблема загрязнения воздушной

среды в России и его влияния на здоровье населения продолжает оставаться весьма острой.

Учитывая растущий уровень автомобилизации, нельзя недооценивать роли автотранспорта в росте заболеваемости человека, особенно в городах с большой транспортной нагрузкой. Это касается непосредственного влияния газообразных токсикантов и твердых частиц поступающих через дыхательные пути и кожу.

Наблюдения показали, что в домах, расположенных рядом с большой дорогой (до 10 м), жители болеют раком в 3—4 раза чаще, чем в домах, удаленных от дороги на расстояние 50 м.

Установлено, что концентрация газообразных органических соединений свинца в больших городах может достигать 140 мг/м^3 , что провоцирует свинцовые анемии, эритропоэз, полиневриты, нарушения усвоения витаминов, снижение иммунитета и другие патологии. Неорганические формы соединений свинца, поступающие в организм человека с пылью, вызывают явления астмы, бронхитов, сосудистой недостаточности, нарушение внимания. Основная доля свинца поступает в организм человека через дыхательные пути.

От выбросов свинца в воздух страдают прежде всего дети. Особое внимание врачей-гигиенистов и социологов стало привлекать усугубляющееся по мере автомобилизации стран снижение умственного развития (интеллектуальных способностей) детей в регионах с высокой автотранспортной нагрузкой. При этом на здоровье детей оказывают влияние не только высокие, но и постоянно действующие низкие концентрации свинца. Особенно это важно для детей первых пяти лет жизни. В этот период жизни организм наиболее уязвим и находится на стадии усиленного формирования основных сенсорных и психосоциальных механизмов.

Клинические признаки отравления свинцом многочисленны и следствием отравления являются поражения нервной, кроветворной, иммунной, сердечно-сосудистой и других систем жизнедеятельности человека. Существует специальный термин «бензиновая пневмония» — заболевание, возникающее при

непосредственном засасывании бензина любой марки (в том числе и без свинцовых добавок) в шланг и попадании его в легкие. При вдыхании паров бензина возникают нарушения дыхания, тахикардия, судороги. Свинец нарушает работу ферментов, витаминный синтез и обмен, снижает иммунитет. Он нарушает синтез порфиринов крови, вызывая свинцовую анемию.

Отравление кадмием опасно тем, что он выводится из организма крайне медленно (период полувыведения 10 лет и более). Накопление кадмия идет преимущественно в почках и костной ткани до 40-летнего возраста. Пероральное и ингаляционное поступление кадмия провоцирует изменения в лимфе крови, развитие хронических бронхитов, сухость слизистых, угнетение репродуктивной функции, кишечные кровотечения. Кадмий, кроме того, способен накапливаться в печени и провоцировать возникновение рака репродуктивных органов.

Установлено, что в районах с высоким содержанием в воздухе бенз[а]пирена выше заболеваемость и смертность от рака легкого. Установлена связь рака пищевода с высоким содержанием в окружающей среде бенз[а]пирена и других полициклических ароматических углеводородов. Высокая опасность токсического воздействия на население, проживающее в районе крупных автомагистралей, определяется также концентрациями акролеина и ацетальдегида.

Таким образом, атмосфера промышленных городов является сильно загрязненной многими примесями антропогенного (в том числе автотранспортного) происхождения, что отрицательно воздействует на здоровье городских жителей.

2 Оценка экологической опасности выбросов вредных веществ от дорожно-транспортного комплекса

2.1 Методические подходы к экологической опасности дорожно-транспортного комплекса

В настоящее время во многих городах России основными источниками выбросов на улицах современного промышленного города являются автомобили. Это происходит по двум причинам:

- во-первых, автомобильный двигатель в процессе работы безусловно выделяет в атмосферу целый комплекс веществ: соединения серы и свинца, оксиды азота и углерода, альдегиды, ароматические углеводороды, сажа, бенз(а)пирен и т.д.;

- во-вторых, автомобиль при движении взаимодействует с поверхностью дороги и результатом этого взаимодействия является аэрозоль, количество которого зависит от многих специфических факторов, характеризующих состояние дороги.

Поэтому специалистом должна рассматриваться система «автомобильный транспорт - автодорога», выступающая элементом промышленного города и определяющая качество его атмосферы. Основными элементами этой системы являются:

1) автотранспорт, выбрасывающий в атмосферу n-ое количество примесей (газов, тяжелых металлов и т.д.), является источником примесей;

2) автомобильная дорога - источник пыли;

3) атмосфера улицы, в которой наблюдается распределение примеси, выступает средой. Под средой нами подразумевается объем воздуха, который определяется характеристиками автодороги (длиной и шириной полотна дороги) и высотой застройки;

4) метеоусловия, задающие механизм распределения примеси в атмосферном воздухе улицы.

В качестве комплексного показателя, характеризующего качество атмосферы на улице любого назначения, должна использоваться категория опасно-

сти улицы (КОУ), которую следует определять через опасность (выбросы) автомобиля и качественные характеристики автомобильной дороги, то есть:

$$КОУ = КОА + КОД \quad (2.1)$$

где КОА - категория опасности автомобильного транспорта м³/с,
КОД - категория опасности дороги, м³/с.

Под категорией опасности автомобильного транспорта подразумевается объемная скорость генерирования примесей от всего автомобильного транспорта, находящегося на территории города и определяется по формуле:

$$КОА = \sum_1^p \sum_1^d \left(\frac{M_j}{ПДК_j} \right)^{\alpha_j} \quad (2.2)$$

где p - количество автомобилей в потоке;
 d - количество примесей в отработавших газах (ОГ) автомобиля;
 M_j - количество выбросов j -ой примеси в ОГ автомобиля;
 α_j - безразмерный коэффициент, позволяющий соотнести степень вредности j -того вещества с вредностью диоксида серы (III класс опасности);
 $ПДК_j$ - среднесуточная ПДК j -того вещества в атмосфере населенного пункта, мг/м³.

Таким образом, КОА является характеристикой опасности выбросов двигателей автомобилей, находящихся в уличном потоке, а для оценки категории опасности автомобильного транспорта необходимо знать как интенсивность движения на улицах города, так и природу, и количество выбросов примесей в отработавших газах автомобилей.

Взаимодействие автомобиля и дороги сопровождается выбросами пыли, а пылеобразование на дорогах следует описывать через категорию опасности дороги (КОД), которая будет связана с количеством выбросов уравнением:

$$КОД = \frac{M_n}{ПДК_n} = \frac{CV^y}{ПДК_n} \quad (2.3)$$

где C - концентрация пыли в воздухе улицы,
 V^y - объем воздуха, в котором рассеяна пыль.

Исследования показали, что образующийся пылевой аэрозоль адсорбирует на себе другие вещества - токсиканты и способен перемещаться на значительные расстояния от места образования. Поэтому пыль должна рассматриваться в качестве сложной смеси, в которой содержатся одновременно примеси третьего, второго и даже первого класса опасности, а уравнение (2.3) можно представить в виде:

$$КОД = \frac{M_{III}}{ПДК_{III}} + \left(\frac{M_{II}}{ПДК_{II}} \right)^{1,3} + \left(\frac{M_I}{ПДК_I} \right)^{1,7} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{M_i}{ПДК_i} \right)^{a_i} \quad (2.4)$$

где n - количество i-той примеси в пыли.

Из уравнения (2.4) следует, что качество атмосферы на дорогах улиц может ухудшаться прямо пропорционально количеству образовавшейся пыли (уравнение 2.3), но может изменяться и по степенному закону (уравнение 2.4).

Количество пыли, содержащейся в объеме воздуха улицы (V^y) данной технической категории, рассчитывается через ее среднюю концентрацию (C_{cp}) по формуле:

$$M_{II} = C_{cp} V^y / t \quad (2.5)$$

Причем, средняя концентрация пыли в воздухе может определяться экспериментально или рассчитываться через технические, метеорологические и территориальные параметры улицы:

$$C_{cp} = (\varphi \cdot S_A \cdot N_A / V^y) \cdot t \cdot k \quad (2.6)$$

где φ - сдуваемость пыли, определяемая в лабораторных условиях, мг/(м²с);

S_A - площадь проекции автомобиля на поверхность дороги, м²;

N_A - количество автомобилей, проходящих по поверхности дороги;

k - коэффициент концентрации, определяющий оседание частиц.

Объем воздуха, в котором распределяется пыль, рассчитывается через постоянный объем атмосферы (V^y_0), определяемый площадью улицы (S) и высотой приземного слоя (h), и его прирост (ΔV), создаваемый диффузионными процессами, и определяется по формуле:

$$V^y = V_0^y + \Delta V = Sh + \Delta V \quad (2.7)$$

Таким образом, улицу любого города можно представить как протяженный источник выбросов выхлопных газов и пыли, причем количество выбросов будет зависеть от количества автомобилей и типа двигателей, а также, от пылеобразующей способности дороги. Поэтому для оценки качества атмосферы в промышленном городе следует оценивать не только состояние автомобильного парка, но и состояние автомобильных дорог.

2.2 Характеристика выбросов вредных веществ отработавших газов от автотранспортного потока

Известно, что опасность отработавших газов автомобилей является функцией состояния двигателей внутреннего сгорания и опасности веществ, входящих в их состав. Накопление же вредных веществ в воздухе промышленного города находится в зависимости от интенсивности движения транспортного потока по улицам города. Поэтому по интенсивности движения должно определяться количество выбросов вредных веществ в атмосферу.

Массовый выброс загрязняющих веществ автомобильным транспортом при движении по данной улице M_{ij} рассчитывается по формуле:

$$M_{ij} = m_{ij} \cdot L_{общ}^N \cdot 10^{-6} \quad (2.8)$$

где m_{ij} - приведенный пробеговый выброс г/км;

$$m_{ij} = m_i \cdot K_{ri} \cdot K_{Ti} \quad (2.9)$$

где m_i - пробеговый выброс i -го загрязняющего вещества транспортным средством, г/км;

K_{ri} - коэффициент, учитывающий изменение выбросов загрязняющих веществ при движении по территории населенных пунктов;

K_{Ti} - коэффициент, учитывающий влияние технического состояния автомобилей на массовый выброс i -го загрязняющего;

$L_{общ}^N$ - суммарный годовой пробег автомобилей по данной улице, который является функцией времени, интенсивности и скорости движения АТС, км.

Расчет приведенного пробегового выброса i -го загрязняющего вещества данным типом транспортных средств приведен в таблице 2.1.

Теперь, зная приведенный пробеговой выброс (таблица 2.1) для различных веществ и видов автотранспортных средств, а также пробег автомобилей по территории населенных пунктов, который является функцией интенсивности и скорости движения АТС, следует рассчитать выбросы каждого загрязняющего вещества от автотранспорта по сезонам для улиц с различной интенсивностью движения.

Таблица 2.1 - Приведенный пробеговой выброс для различных видов автотранспорта

Тип автотранспорта	Примеси	Пробеговой выброс, г/км	Коэффициенты			Приведенный пробеговой выброс, г/км
			K_{ri}	K_{Ti}	K_{ni}	
1	2	3	4	5	6	7
Легковые	CO	13,0	0,87	1,75	-	19,8
	NO _x	1,5	0,94	1,0	-	1,4
	CH	2,6	0,92	1,48	-	3,5
	SO ₂	0,076	1,15	1,15	-	0,1
	Pb	0,025	1,15	1,15	-	0,03
Грузовые бензиновые	CO	52,6	0,89	2,0	0,68	63,7
	NO _x	5,1	0,79	1,0	0,67	2,7
	CH	4,7	0,85	1,83	0,87	6,4
	SO ₂	0,16	1,15	1,15	1,19	0,3
	Pb	0,023	1,15	1,15	1,19	0,04

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7
Грузовые дизельные	CO	2,8	0,95	1,6	0,68	2,9
	NO _x	8,2	0,92	1,0	0,82	6,2
	CH	1,1	0,93	2,1	0,76	1,6
	SO ₂	0,96	1,15	1,15	1,2	1,5

Автобусы бензиновые	Сажа	0,5	0,8	1,9	0,54	0,4
	CO	67,1	0,89	1,4	0,9	75,2
	NO _x	9,9	0,79	1,4	0,89	9,7
	CH	5,0	0,85	1,4	0,96	5,7
	SO ₂	0,25	1,15	1,1	1,3	0,4
Автобусы дизельные	Pb	0,037	1,15	1,1	1,3	0,1
	CO	4,5	0,95	1,4	0,89	5,3
	NO _x	9,1	0,92	1,4	0,93	10,9
	CH	1,4	0,93	1,4	0,92	1,7
	SO ₂	0,9	1,15	1,1	1,3	1,5
	Сажа	0,8	0,8	1,4	0,75	0,7

Причем суммарный сезонный пробег по улице рассчитывается по следующей схеме:

$$L_{\text{общ}}^N = \sum_l^n L_{\text{сез}}^N = \sum_l^n v_{\text{авт}} t_g N_{\text{сез}}^N \quad (2.10)$$

где $v_{\text{авт}}$ - скорость движения транспортных средств;

$N_{\text{сез}}^N$ - число автомобилей, прошедших по данной улице за сезон;

t_g - время движения автотранспортного средства по данной улице, которое рассчитывается по формуле:

$$t_g = \frac{L}{v_{\text{авт}}} \quad (2.11)$$

где L - длина улицы, км

Исходя из уравнений (2.10) и (2.11), суммарный годовой пробег автомобилей будет рассчитываться по формуле:

$$L_{\text{общ}}^N = \sum_l^n L \cdot N_{\text{сез}}^N \quad (2.12)$$

Число автомобилей, прошедших по данной улице за сезон, определяется суммированием:

$$N_{\text{сез}}^N = t(N_y + N_d + N_e + N_n)n \quad (2.13)$$

где t - время, б часов;

n - количество дней в сезоне.

В таблице 2.2 представлены данные по суммарному выбросу для трех улиц г. Оренбурга различного назначения.

Таблица 2.2 - Интенсивность движения автотранспорта в разное время суток
(летний период)

Название улиц и их назначение	Тип автомобиля	Выбросы разных веществ,						
		CO	CH	NO _x	SO ₂	В	Сажа	Суммарный выброс, т/сезон
МОЗ (пр. Победы)	Легковые	346	61,9	24,7	1,8	0,6	0	435
	Грузовые	14,7	1,5	0,8	0,1	0,008	0,01	17,1
	Автобусы	114	9,5	21,8	1,6	0,09	0,5	148
	Всего	475	73	47,2	3,5	0,7	0,5	600
МРЗ (ул.Салмышская)	Легковые	9,8	1,8	0,7	0,05	0,02	0	12,4
	Грузовые	9	0,9	0,6	0,08	0,005	0,01	10,6
	Автобусы	5,5	0,5	1	0,07	0,004	0,02	7,1
	Всего	24,3	3,2	2,3	0,2	0,03	0,03	30,1
УМЗГ (ул.Астраханская)	Легковые	0,9	0,2	0,06	0,005	0,002	0	1,2
	Грузовые	0,3	0,03	0,01	0,001	0,0001	0	0,3411
	Автобусы	0	0	0	0	0	0	0
	Всего	1,2	0,2	0,08	0,006	0,002	0	1,5

Наибольший выброс загрязняющих веществ от автотранспорта 2,2 тыс. т/год наблюдается на магистральных улицах общегородского значения с регулируемым движением. Для магистральных улиц районного значения выбросы вредных веществ от автотранспорта составили 115 т/год. Для улиц местного значения с временным покрытием выбросы вредных веществ составляют 5,2 т/год. Основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносит легковой автотранспорт. На магистральных улицах общегородского значения и улицах местного значения на его долю приходится 70-80 % от всех выбросов, на магистральных улицах районного значения – 40 %. По количеству выбросов наиболее значимыми загрязняющими веществами в выбросах автотранспорта являются оксид углерода (79 %), углеводороды (13 %) и диоксид азота (7,5 %). При увеличении интенсивности движения в пятьдесят раз (таблица 2.3) выбро-

сы оксида углерода увеличиваются в 450 раз, углеводородов в 360 раз, диоксида азота в 470 раз, свинца в 350 раз. Наименьшее количество выбросов наблюдается в зимний период, что связано с уменьшением интенсивности движения в 1,3-2 раза, весной и осенью выбросы оксида углерода, углеводородов, диоксида азота и свинца увеличиваются в 1,1 раза. Наибольшая масса выбросов наблюдается в летний период и по сравнению с зимой выбросы оксида углерода, диоксида азота увеличиваются в 1,2 раза, углеводородов и свинца в 1,3 раза.

Теперь, зная количество выбросов вредных веществ от автотранспорта для улиц различного назначения, следует рассчитать суммарный выброс вредных веществ от автотранспорта для г. Оренбурга по формуле:

$$M^{сум} = (M^{моз} + M^{мпз} + M^{умза}) \cdot P_1 + M^{умзз} \cdot P_2 \quad (2.14)$$

где P_1 и P_2 - это процентное соотношение асфальтированных и не асфальтированных дорог в городе.

2.3 Характеристика пылеобразования на автомобильных дорогах

Известно, что дороги могут выступать в качестве источников пыли. Причем, в определенных условиях автомобильные дороги в городе могут стать одними из самых мощных источников пылевыведения. В г. Оренбурге это происходит по следующим причинам:

1) многие улицы (44 %) в городе не имеют асфальтового покрытия на дорогах, а грунтовые покрытия из-за постоянного механического воздействия

разрушены и представляют собой пылевидный материал, способный при малейших воздушных потоках переходить во взвешенное состояние;

2) к улицам, имеющим асфальтовое покрытие, примыкают улицы без постоянного покрытия (в среднем на 1 км асфальтированной дороги приходится 8 улиц без покрытия). В результате происходит вынос грунта на проезжую часть дороги, имеющей асфальтовое или другое постоянное покрытие;

3) измельченный грунт, находящийся на качественно выполненной дороге способен многократно переходить в состояние пыли и оседать на ее поверхность, снижая тем самым качество атмосферного воздуха на улице.

В работах исследователей теоретически обосновано, что категория опасности дороги зависит от процессов взаимодействия в системе «автомобиль-дорога», а, следовательно, от качества дорожного полотна, скорости и интенсивности движения автомобилей, то есть в конечном итоге от массы образовавшейся пыли и ее концентрации в воздухе.

При этом установлено, что пылеобразование будет зависеть от сдуваемости пылевидного материала, которая является функцией его влажности и дисперсности. В работе описано определение сдуваемости, образцов грунта различной влажности (рисунок 2.1).

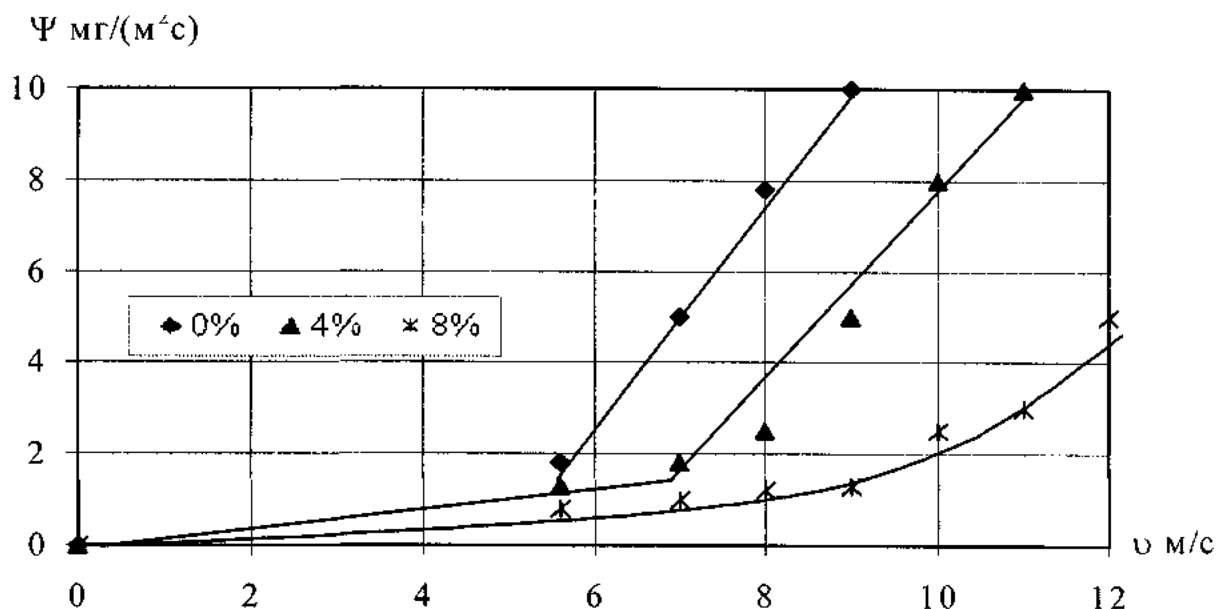


Рисунок 2.1 - Зависимость сдуваемости пылевидного материала от его влажности.

На кривых зависимости сдуваемости пыли от скорости воздушного потока можно выделить две области: область, в которой преобладают силы аутогезии в пылевидном материале, и область, в которой наблюдается инерционный срыв частиц с поверхности.

Сдуваемая пыль формирует запыленную атмосферу. При увеличении влажности пылевидного материала до 8-10 % запыленность воздуха на улице снижается в 30-50 раз. Максимальная запыленность атмосферы улицы наблю-

дается при влажности пылевидного материала 0-2 % и составляет 14 мг/м^3 (таблица 2.3).

Таблица 2.3 - Влияние влажности пылевидного материала на запыленность атмосферы УМЗГ. Скорость ветра - 0-3 м/с.

Влажность пылевидного материала,	Запыленность воздуха, мг/м ³ , при удаленности от дороги, м					
	0	5	10	15	20	25
1±1	14±2	11±2	9±2	6±1	5±1	3±1
3±1	10±2	9±2	7±1	4±1	3±1	1,0±0,5
6±2	1,0±0,5	1,0±0,5	0,5±0,1	0,5±0,1	0,5±0,1	0,5±0,1
10±2	0,3±0,1	0,2±0,1	0,1 ±0,1	0,1±0,1	0,1±0,1	0,1±0,1

Особую роль в пылеобразовании играют воздушные потоки. Они передают энергию движения пылевидному материалу, находящемуся в статическом состоянии (рисунок 2.2).

Результаты экспериментов, описанных в работе О.В. Чекмарёвой, показывают, что при усилении ветра в три раза запыленность воздуха для улицы с грунтовой дорогой увеличивается в 3-5 раз, а для улицы с асфальтовым покрытием в 15 раз. Причем максимальное значение запыленности наблюдается на расстоянии до 10 м от полотна дороги и для улицы с грунтовой дорогой может достигать 18 мг/м^3 .

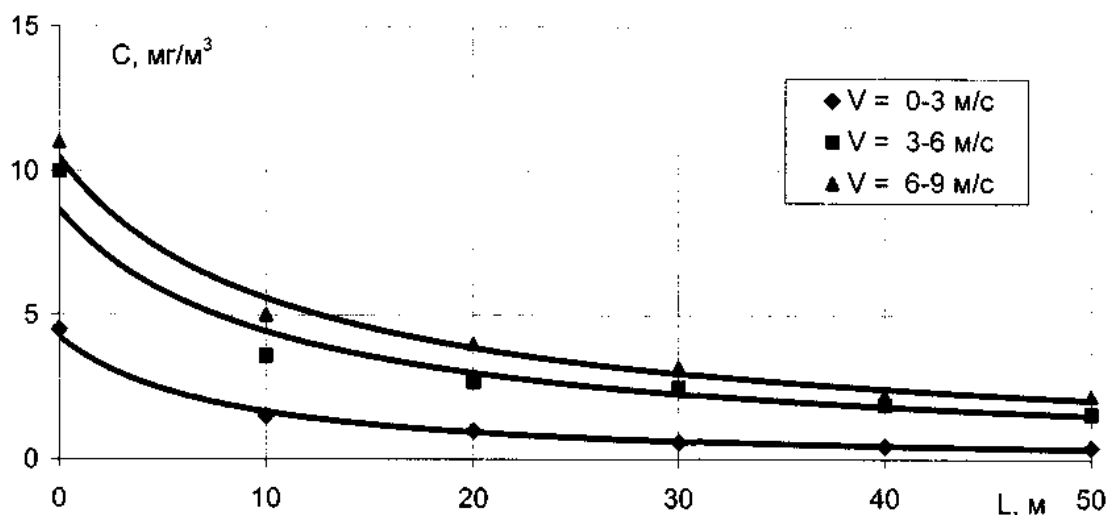


Рисунок 2.2 - Зависимость запыленности атмосферы МОЗ от скорости воздушного потока. Влажность поверхности равна 1,0 %.

Причём для оценки объема воздушной среды, в котором рассеивается основная масса взметнувшейся пыли, автором был проведен эксперимент по оценке запыленности воздуха и дисперсности частиц на разных высотах от пылящей поверхности (таблица 2.4).

Таблица 2.4 - Изменение запыленности воздуха и дисперсности частиц на разных высотах. Температура воздуха равна 30 °С, скорость воздушного потока - 3 м/с

Место отбора пробы по высоте, м	Средняя концентрация пыли и погрешность ее определения, мг/м ³	Содержание фракции 0-2 мкм, %	Средний радиус частиц, мкм
1	1,5±0,1	54	1,6
10	1,0±0,1	63	1,6
20	0,15±0,1	70	1,1

Эксперимент показал, что концентрация пыли на высоте 1 м превышает ПДК в 10 раз, а на высоте 20 м она уже находится на уровне ПДК. Основная масса пыли (90 %) сосредоточена на высоте до 10 м, но с увеличением высоты

растет ее дисперсность. Содержание тонких фракций в воздушном потоке на высоте 25 метров составляет уже 74 %.

Таким образом, интенсивность образования и распространения пыли зависит от качества дорожного полотна, от состояния почвенного покрова придорожной зоны и метеоусловий (скорости воздушных потоков и влажности пылевидного материала), а определяющими факторами пылевзметывания выступают влажность пылевидного материала на дороге и средняя скорость движения транспортных средств.

2.4 Интегральная оценка выбросов вредных веществ отработавших газов от автотранспортного потока

Для того чтобы определить категорию опасности улицы, необходимо рассчитать категорию опасности автомобилей. Расчет производится по уравнению 2.2. Далее по категории опасности автомобиля следует провести ранжирование улиц промышленного города (например, Оренбурга). В таблице 2.5 приведены расчеты категории опасности автомобилей для улиц с высокой, средней и низкой интенсивностью движения.

Таблица 2.5 - Ранжирование автомагистралей города по КОА

Название улиц	Значения КОВ для летнего периода года, м/с						КОА, м ³ /с
	СО	Сажа	сн	NO _x	SO ₂	Pb	
МОЗ (пр. Победы)	5,8·10 ³	3·10 ²	7,4·10 ²	8,8·10 ⁵	2,2·10 ³	1,3·10 ⁷	1,4·10 ⁷
МРЗ (Салмышская)	4·10 ²	20	44	1,7·10 ⁴	1,3·10 ²	5·10 ⁴	6,8·10 ⁴
УМЗГ (Астраханская)	25	0,5	3,4	2·10 ²	3,5	4,7·10 ²	7·10 ²

Проведенное ранжирование улиц по категории опасности автомобиля показало, что все магистральные улицы общегородского значения с регулируемым движением относятся к источникам выбросов первой категории опасности ($КОА \geq 31,7 \cdot 10^6$), основной вклад в эту величину дают соединения свинца ($60 -$

90 %). Интенсивность движения на таких улицах равна или превышает 1000 авт./час. Магистральные улицы районного значения при интенсивности движения свыше 1000 авт./час относятся также к источникам выбросов первой категории опасности (Шевченко, Цвиллинга и т.д.). Улицы с меньшей интенсивностью движения относятся к источникам выбросов третьей категории опасности ($31,7 \cdot 10^4 > \text{КОА} \geq 31,7 \cdot 10^3$). Это улицы Салмышская, Новая, Родимцева, расположенные в новых микрорайонах. Улицы местного значения с асфальтовым покрытием, расположенные в центральной части города в зависимости от интенсивности движения, относятся к источникам выбросов второй категории опасности. Такие улицы местного значения как Ленинская, 8-го Марта, Комсомольская, расположенные в центральной части города относятся к источникам выбросов второй категории опасности (интенсивность движения более 500 авт./час). Улицы местного значения с временным покрытием относятся к источникам выбросов четвертой категории опасности ($\text{КОА} < 31,7 \cdot 10^3$). Как видно из данных таблицы в весенне-летний период с увеличением интенсивности движения транспортных потоков в 1,3-2 раза происходит увеличение их категории опасности (до 1,5 раз). При увеличении интенсивности движения транспортного потока в пятьдесят раз категория опасности улицы увеличивается в две тысячи раз.

Суммарная категория опасности автомобильного транспорта для г. Оренбурга составляет:

$$\text{КОА}^{\text{сум}} = (\text{КОА}^{\text{моз}} + \text{КОА}^{\text{мпз}} + \text{КОА}^{\text{умза}}) \cdot P_1 + \text{КОА}^{\text{умзг}} \cdot P_2 \quad (2.15)$$

$$\text{КОА}^{\text{сум}} = (5 \cdot 10^7 + 1,9 \cdot 10^5 + 8,7 \cdot 10^4) \cdot 56 + 1,9 \cdot 10^3 \cdot 44 = 2,8 \cdot 10^9 \text{ м}^3/\text{с}$$

Таким образом, проведенное ранжирование показало, что в г. Оренбурге уровень антропогенного воздействия от автотранспорта на воздушную среду улиц сильно различается, он особенно высок на улицах магистрального значения ($\text{КОА} \approx 10^8$) и в 100-1000 раз ниже на улицах местного значения.

2.5 Интегральная оценка пылеобразования на автомобильных дорогах

Следующий этап оценки системы «автомобиль-дорога» должен включать в расчёт КОД. Расчет категории опасности дороги по формуле (2.4) должен содержать определение массы взметнувшейся пыли и ее химического состава. Вдвою очередь, количество сдуваемой пыли можно рассчитать по уравнению (2.6), в котором сдуваемость пылевидного материала и количество транспортных средств, формирующих пылегазовый поток определены по известным методикам экспериментально.

Правильность теоретических положений, описанных в главе 2 пункта 1, подтверждена сравнением расчётных данных со значениями КОД, полученных экспериментально. Причём КОД определены через концентрацию пыли в воздухе придорожной зоны, а объем среды рассчитывался с учетом метеоусловий и геометрических параметров конкретной дороги: ширины, длины и высоты приземного слоя (таблица 2.6).

Таблица 2.6 - Результаты экспериментальных определений количества пыли, образующейся на улицах магистрального значения

Скорость ветра, м/с	Влажность, %	Концентрация пыли, мг/м ³	Объем, м ³	Количество пыли, мг/с	Категория опасности дороги, м ³ /с
0-3	0	4,5	$2,5 \cdot 10^8$	10^5	$2 \cdot 10^6$
>9	0	11,5	$7,7 \cdot 10^9$	$8,9 \cdot 10^6$	$1,8 \cdot 10^8$
0-3	8	1,0	$2,5 \cdot 10^8$	$2,3 \cdot 10^4$	$4,6 \cdot 10^5$

Из табличных данных видно, что для улиц магистрального общегородского значения при увеличении скорости воздушного потока в три раза категория опасности дороги увеличивается в 80 раз, а для улиц местного значения с временным покрытием в 50 раз. Кроме того, в условиях штиля ($v=0-3$ м/с) пыль на МОЗ практически не оседает ($k \rightarrow 1$), она лишь рассеивается по придорожной зоне. Для УМЗГ (рисунок 2.3, кривые 2, 3) при влажности пылевидного материала 0-2 % экспериментальные значения категории опасности дороги остаются

ся выше расчетных, при влажности пылевидного материала 4-8 % наблюдается сходимость расчетных и экспериментальных данных. Следовательно, для дорог с сухим пылевидным покрытием действуют два разных механизма пылевзметывания: инерционный и адгезионный.

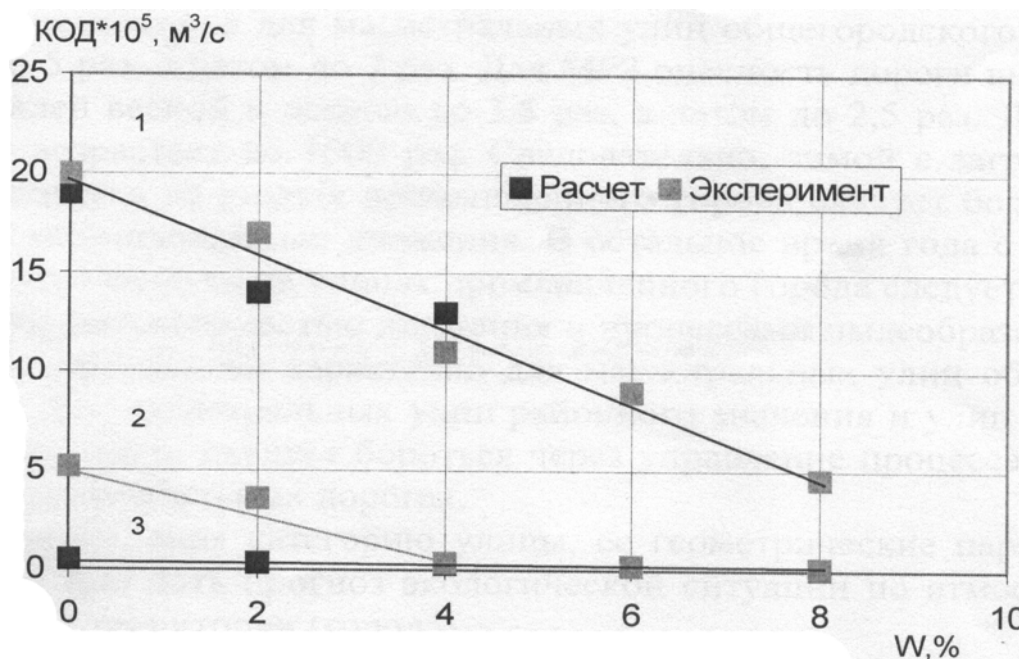


Рисунок 2.3 - Зависимость категории опасности дороги от влажности пылевидного материала на ней для МОЗ (1) и УМЗГ (2, 3).

Сравнение значений категории опасности улицы для различных периодов года (таблица 2.7), приведённое в работе О.В.Чекмарёвой, показали, что зимой она определяется в основном категорией опасности автомобиля, а весной и летом также категорией опасности дороги.

Таблица 2.7 – Значения категории опасности улицы для разных магистралей города

Назначение улицы	Категория опасности автомобиля, м ³ /с	Категория опасности дороги, м ³ /с	Категория опасности улицы, м ³ /с	Отношение КОА/КОД
1	2	3	4	5
Зима				
МОЗ	$9,5 \cdot 10^6$	$8 \cdot 10^4$	$9,6 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^2$
МРЗ	$5,1 \cdot 10^4$	$1,6 \cdot 10^4$	$6,7 \cdot 10^4$	3,2

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

УМЗГ	$4,7 \cdot 10^2$	$6 \cdot 10^3$	$6,5 \cdot 10^3$	0,1
Весна				
МОЗ	$1,3 \cdot 10^7$	$2,6 \cdot 10^6$	$1,6 \cdot 10^7$	5
МРЗ	$6,3 \cdot 10^4$	$2,2 \cdot 10^5$	$2,8 \cdot 10^5$	0,3
УМЗГ	$5,8 \cdot 10^2$	$6 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^5$	0,001
Лето				
МОЗ	$1,4 \cdot 10^7$	$2 \cdot 10^6$	$1,6 \cdot 10^7$	7
МРЗ	$6,8 \cdot 10^4$	$1,7 \cdot 10^5$	$2,4 \cdot 10^5$	0,4
УМЗГ	$7 \cdot 10^2$	$5,2 \cdot 10^5$	$5,2 \cdot 10^5$	0,001
Осень				
МОЗ	$1,3 \cdot 10^7$	$2,6 \cdot 10^6$	$1,6 \cdot 10^7$	5
МРЗ	$6,3 \cdot 10^4$	$2,2 \cdot 10^5$	$2,8 \cdot 10^5$	0,3
УМЗГ	$5,8 \cdot 10^2$	$6 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^5$	0,001

Весной и осенью она для магистральных улиц общегородского значения больше КОД до 5 раз, а летом до 7 раз. Для МРЗ опасность дороги выше опасности автомобилей весной и осенью до 3,5 раз, а летом до 2,5 раз. Для УМЗГ это отношение возрастает до 1000 раз. Следовательно, зимой с загрязнением атмосферного воздуха на улицах промышленного города следует бороться через управление интенсивностью движения. В остальное время года с загрязнением атмосферного воздуха на улицах промышленного города следует бороться через управление интенсивностью движения и процессами пылеобразования на автомобильных дорогах, но такие закономерности характерны для магистральных улиц общегородского значения. Для магистральных улиц районного значения и улиц местного значения с загрязнением следует бороться через управление процессами пылеобразования на автомобильных дорогах.

Таким образом, зная категорию улицы, ее геометрические параметры и метеоусловия, можно дать прогноз экологической ситуации по атмосферному воздуху для любой территории (города).

2.6 Комплексная оценка улицы города как источника выбросов пыли и газа в атмосферный воздух

Воздушная среда любого промышленного города испытывает значительные техногенные нагрузки со стороны транспортно-дорожного комплекса, который является на сегодняшний день основным источником ее загрязнения.

Так в г. Оренбурге из-за интенсивного движения автотранспорта напряженная санитарно-экологическая обстановка характерна для атмосферного воздуха центральной части города, промышленной зоны и жилой застройки вдоль автомагистралей, где наблюдается превышение допустимого уровня загрязнения атмосферы по оксидам азота, серы, пыли и тяжелым металлам. К данному типу районов относится порядка 20 % территорий г. Оренбурга.

В г. Оренбурге средний коэффициент (К) отношения протяженности автомобильных дорог на единицу площади (1 км²) составляет 2,3. К самым насыщенным автомобильными дорогами территориям относится центральная часть города и промышленные зоны. Например, в районе, ограниченном улицами пр. Победы, Постникова, Парковый проспект и Невельская, коэффициент протяженности автомобильных дорог равен одиннадцати. В районе ограниченном улицами Постникова, Чичерина, 8-го Марта и Максима Горького он поднимается до 13,2. В районе ограниченном улицами Шевченко, Полтавская, Октябрьская и Леушинская до 17. В этих районах города находятся улицы магистрального значения с высокой интенсивностью движения. В спальнях районах города этот коэффициент лежит в пределах от 2 до 4.

Используя критерий качества атмосферы ($K_{атм}$), можно провести оценку экологического неблагополучия на этих улицах.

$$K_{атм} = \frac{\sum_1^n \left(\frac{M_i}{ПДК_i} \right)^{\alpha_i}}{\sum_1^n \left(\frac{J_{полн}}{ПДК_i} \right)^{\alpha_i}} = \frac{КОУ}{КОТ} \quad (2.16)$$

где КОУ - категория опасности улицы, м³/с;
КОТ- категория опасности территории, м³/с.

По его величине специалист может судить об экологическом состоянии атмосферы на данной территории (таблица 2.8). Расчеты обычно проводятся

для районов города, на которых наблюдаются максимальное и минимальное значения коэффициента протяженности автомобильных дорог.

Таблица 2.8 – Характеристика территории города по значениям критерия качества атмосферы

Характеристика территории	Величина критерия качества атмосферы	
	Минимальная	Максимальная
1. Условно чистая		<0,3
2. Напряженная	0,3	1
3. Критическая зона	1	4
4. Зона ЧЭС	4	8
5. ЗЭБ	>8	

Примечание: ЧЭС - чрезвычайная экологическая ситуация, ЭБ - экологическое бедствие.

Результаты такой оценки качества атмосферного воздуха для двух разных метеорологических ситуаций (штиль и направленный воздушный поток) представлены в таблице 2.9. При этом оценивалось негативное воздействие оксидов азота, оксида углерода, диоксида серы и пыли, являющихся основными токсикантами в выбросах автотранспорта.

Таблица 2.9 - Значения критерия качества атмосферы для разных районов города

Название районов	v, м/с	Объем загрязненного воздуха, м ³	Значения КОУ, м ³ /с	Величина критерия качества атмосферы	Характеристика экологического состояния территории
Город	0-3	$3,3 \cdot 10^{10}$	$7,6 \cdot 10^8$	2,8	Критическая
Центр	0-3	$2,8 \cdot 10^8$	$8,4 \cdot 10^7$	140	ЭБ
Северный поселок	0-3	$6,8 \cdot 10^8$	$2,1 \cdot 10^7$	11,4	ЭБ
Город	>9	$2,3 \cdot 10^{11}$	$3,8 \cdot 10^{10}$	11,4	ЭБ
Центр	>9	$2,6 \cdot 10^{10}$	$5 \cdot 10^9$	25	ЭБ
Северный поселок	>9	$3,9 \cdot 10^9$	$1,5 \cdot 10^9$	4,5	ЧЭС

Проведенные расчеты показывают, что в условиях штиля критерий качества атмосферы на территории города повышается до 2,8, что соответствует критическим нагрузкам на территории со стороны воздушной среды (таблица

2.9). Вероятность таких погодных условий составляет 45 %. При значительном направленном воздушном потоке ($v > 9$ м/с) критерий качества атмосферы на территории города поднимается до 11,4, что соответствует экологическому бедствию. Этот факт объясняется тем, что в данных метеоусловиях значения категории опасности улицы определяются значениями категории опасности дороги, то есть пылеобразованием. Но вероятность таких погодных условий не превышает 4 %. Территория центральной части города по качеству атмосферного воздуха независимо от метеоусловий характеризуется как экологическое бедствие, так как здесь достаточно плотно ($K > 10$) располагаются улицы магистрального значения с высокой интенсивностью движения.

Обобщенная характеристика экологического состояния территории г. Оренбурга дана в таблице 2.10.

Таблица 2.10 - Влияние автомобильного транспорта на экологическое состояние территории г. Оренбурга

Параметры	Характеристика экологического состояния территории		
	ЭБ	ЧЭС	КЗЧ
Критерий качества	>8	4-8	<4
Площадь, км ²	20	24	13

Таким образом, по качественным характеристикам атмосферного воздуха территорию г. Оренбурга можно разделить на три категории: территории с экологическим бедствием, с чрезвычайным экологическим состоянием, и с критической нагрузкой. К каждой из этих территорий должен разрабатываться свой комплекс мероприятий по снижению выбросов примесей автотранспорта в атмосферный воздух.

3 Методы и результаты оценки воздействия дорожно - транспортного комплекса на окружающую среду

3.1 Системный подход к оценке экологической безопасности и технического совершенства автомобилей

3.1.1 Системная оценка автомобиля как источника выбросов примесей в атмосферу

ДВС различаются по многим признакам: по конструкции элементов, с помощью которых тепловая энергия сгорающего топлива преобразуется в механическую работу, по способу воспламенения смеси, по способу осуществления цикла и т.д. Но независимо от условий и способа организации рабочего процесса, с учётом характерных особенностей поршневых ДВС, любые автомобили можно представить в виде единой системы «Автомобиль - окружающая среда», функционально состоящей из трёх подсистем. Причём каждая подсистема выполняет определённую задачу.

Задача I-ой подсистемы (топливоподачи) заключается в обеспечении процесса горения исходными реагентами в определённых пропорциях, с определённой скоростью и в определённое время.

II-ая подсистема обеспечивает процесс воспламенения и горения химических реагентов (смеси углеводородов и воздуха). Её главной задачей является создание условий для наиболее полного сгорания топливно-воздушной смеси с образованием продуктов горения и выделения энергии.

III-я подсистема решает задачи отвода продуктов реакции в виде вещества и энергии. Причём эта подсистема по техническому исполнению разделена на две самостоятельные технические подсистемы: подсистему (III¹) отвода продуктов сгорания (отработавших газов), и подсистему (III²) использования тепловой энергии с последующим её превращением в механическую работу.

Следовательно, по подходам к рассмотрению систему «Автомобиль - окружающая среда» можно представить как две разные системы. Первая система: «Автомобиль -транспортное средство», реализующая в себе подсистемы I,

II, III¹. Вторая система реализует в себе подсистемы I, II, III² и выступает в качестве системы: «Автомобиль - источник выбросов примесей в атмосферу».

Поэтому, к оценке автомобиля как транспортного средства, выступающего одновременно в качестве источника выбросов в атмосферный воздух многих веществ загрязнителей, должны быть одновременно применены технико-технологические и экологические подходы, в частности должны быть поставлены экологически обоснованные ограничения на выбросы примесей в атмосферу. Автомобиль в данной ситуации следует рассматривать как систему: «Автомобиль - источник выбросов примесей в атмосферу». Для выработки экологических ограничений к этой системе следует применить принцип промышленного метаболизма, который требует отслеживания материальных и энергетических потоков от топлива через двигатель до отработавших газов и их обезвреживания. Промышленный метаболизм позволяет оценить также вещественное воздействие примесей на окружающую среду. Главное отличие технических систем типа «Автомобиль - окружающая среда» от природных заключается ещё и в том, что они по потокам вещества относятся к незамкнутым. Эти системы являются рассеивающими и оказывающими серьёзное токсическое воздействие на окружающую среду. Принцип промышленного метаболизма для автомобиля требует реализации трёх типов решений:

1) инвентаризацию всех материальных (выбросы примесей и топлива) и энергетических ресурсов и их рассеивание в средах (атмосфере, гидросфере и на поверхности суши);

2) качественную и количественную оценку влияния материальных потоков на окружающую среду.

3) разработку мероприятий по уменьшению вредного воздействия отходов на окружающую среду.

Взаимодействие технических подсистем системы «Автомобиль - окружающая среда» ранее были изучены специалистами отрасли отдельно и описаны математическими закономерностями. Но, в экологической практике потоки вещества и энергии принято относить к предприятию или к производимой про-

дукции. Вторым вариантом является для нас более предпочтительным, т. к. он позволяет оценить ёмкость и отходность процесса в пересчёте на единицу продукции. Поэтому в данной работе потоки топлива и отработавших газов так же будут приведены в удельных единицах, то есть в пересчете на единицу энергии в единицу времени.

Техническая система «Автомобиль - транспортное средство», может быть разбита на три подсистемы, связанные между собой конечной целью - получением механической работы.

Так, поток топлива, подаваемого i -ой подсистемой (топливоподачи) во вторую (на сгорание), может быть представлен через удельный расход топлива (q_e , кг/кВт · ч), показывая одновременно его связь с техническими и экономическими характеристиками автомобиля. Он может быть описан в виде уравнения.

$$q_e = G_t / N_e; \quad (3.1)$$

где q_e - удельный эффективный расход топлива, кг/кВт · ч;

G_t - часовой расход топлива, кг/час;

N_e - развиваемая эффективная мощность двигателя, кВт;

Из уравнения (3.1) следует, что чем большую мощность развивает двигатель, затратив определённое количество топлива, тем меньше его удельный эффективный расход топлива.

Взаимодействие II-ой и III-ей подсистем характеризуется количеством примесей приходящихся на единицу мощности, поэтому поток отработавших газов опишется: через изменение массовых характеристик каждой примеси во времени:

$$E_i = m_i / (t \cdot N_e) = M_i / N_e; \quad (3.2)$$

где E_i - удельный выброс i -ой примеси с отработавшими газами, кг/кВт · ч;

m_i - масса i -ой примеси, кг;

M_i - количество i -ой примеси, кг/ч.

Величина E_i показывает, какое количество выбросов каждой примеси приходится на единицу мощности двигателя. Чем больше развиваемая двигате-

лем мощность и при этом меньше количество выбросов каждой примеси, тем меньше величина удельного выброса и тем экономичнее он.

Известно, что получаемая механическая работа может быть равна произведению развиваемой эффективной мощности двигателя (N_e , кВт), на КПД трансмиссии и на время выполнения этой работы и описывается уравнением:

$$A = N_e \cdot \eta \cdot t; \quad (3.3)$$

где A - получаемая механическая работа, кВт · ч;
 η - коэффициент, учитывающий потери на трение в механизмах, преодоление силы лобового сопротивления и дороги;
 t - время выполнения работы.

Из уравнения (3.3) следует, что получаемая механическая работа прямо пропорциональна как мощности развиваемой двигателем, так и КПД трансмиссии автомобиля.

Далее могут быть найдены взаимосвязи между параметрами, характеризующими взаимодействие трёх подсистем в системе «Автомобиль - источник выбросов примесей в атмосферу». Для этого уравнения (3.1) - (3.3) переписутся в виде:

$$N_e = G_t / q_e; \quad (3.4)$$

$$N_e = A / (\eta \cdot t); \quad (3.5)$$

$$N_e = M_i / (E_i); \quad (3.6)$$

Для двигателя работающего с постоянной мощностью можно получить взаимозависимости между расходными параметрами по топливу (I подсистема) и количеством выбросов отдельной примеси с ОГ (III¹ подсистема). Эти зависимости можно описать уравнениями (3.7) - (3.9):

$$Gt / q_e = M_i / E_i; \quad (3.7)$$

$$Gt / q_e = A / (\eta \cdot t); \quad (3.8)$$

$$M_i = (Gt \cdot E_i) / q_e = E_i \cdot (Gt / q_e) \quad (3.7')$$

Теперь, подставив в уравнение (3.7') зависимость (3.8) получим, что ко-

личество отдельной примеси, формируемой в системе «Автомобиль -источник выбросов примесей в атмосферу» зависит в первую очередь от количества произведённой механической работы, то есть:

$$M_i = (A \cdot E_i) / (\eta \cdot t) \quad (3.9)$$

Уравнение (3.7) является ключевым при описании системы «Автомобиль - источник выбросов примесей в атмосферу», так как даёт связь между экологическими и техническими характеристиками автомобиля. Уравнение (3.8) рассматривается нами в качестве основного при описании системы «Автомобиль - транспортное средство». Уравнение (3.9) даёт нам описание автомобиля как эколого-экономической системы. Из уравнения (3.9) следует, что чем большую работу в единицу времени необходимо совершить технической системе «Автомобиль», тем больше будет выброшено токсичных примесей с отработавшими газами в окружающую среду.

Автомобиль - как транспортное средство может выполнять различную механическую работу: он может перевозить пассажиров на большие расстояния, может двигаться с большой скоростью, а так же доставлять грузы различной величины. При этом условия работы автомобиля, а значит, и двигателя будут различными. Но в соответствии с уравнением (3.9) нагрузочные режимы оказывают существенное влияние на содержание различных компонентов в ОГ автомобиля. Из уравнения (3.9) также следует, что будет не корректно сравнивать между собой экологические характеристики (количество выбросов 1-ой примеси), пусть даже одинаковых автомобилей, но выполняющих различную механическую работу, то есть работающих в различных нагрузочных режимах. Исходя из вышеизложенного, вытекает, что для достоверной экологической оценки автомобилей - источников вредных выбросов, необходимо вести сравнение автомобилей одного типа, выполняющих одну и ту же механическую работу. Например: преодоление заданного расстояния за указанное время с заданной последовательностью скоростей движения. Тогда, впоследствии сравнивая между собой автомобили, можно больше не упоминать о том, в каких

режимах двигался автомобиль в том или ином случае, с какой скоростью и т.д. То есть условно выбирается некое фиксированное состояние как для системы «Автомобиль - транспортное средство», так и для системы «Автомобиль - источник выбросов в атмосферу». При сопоставлении автомобилей одного класса при фиксированных условиях эксплуатации, можно не учитывать произведённую ими механическую работу в единицу времени, так как в обоих случаях она одинакова (реализация одного итого же ездового цикла), а уравнение (3.9) запишется в виде:

$$A / t = (M_i \cdot \eta) / E_i; \quad (3.9')$$

Из уравнения (3.9') следует, что если два автомобиля одного класса выполняют одинаковую работу, то для них должно выполняться условие:

$$(M_1 \cdot \eta_1) / E_1 = (M_2 \cdot \eta_2) / E_2 \quad (3.9'')$$

На основании качественных физических представлений о механизмах, происходящих в ДВС автомобиля, эти два автомобиля могут рассматриваться как подобные технические системы. Если один из этих автомобилей отвечает нормативным требованиям, то уравнение (3.9'') переписывается в виде:

$$(M_i^{\text{норм}} * \eta^{\text{норм}}) / E_i^{\text{норм}} = (M_i \cdot \eta_i) / E_i \quad (3.10)$$

$$K_T = M_i / M_i^{\text{норм}} = (E_i / E_i^{\text{норм}}) \cdot (\eta^{\text{норм}} / \eta); \quad (3.11)$$

где K_T — критерий технического подобия.

Очевидно, что с позиции экологической безопасности более совершенной будет та конструкция, которая позволит выполнить ту же механическую работу с выделением меньшего количества ВВ. Отсюда следует, что E_i учитывает влияние всех технических решений, принятых при проектировании и изготовлении ДВС на выбросы i -ой примеси с ОГ. А также техническое состояние автомобиля, качество топлива и прочие факторы.

Из уравнения (3.11) следует важный вывод: чем меньше удельный выброс i -ой примеси (E_i) с ОГ и выше КПД трансмиссии автомобиля ($\eta_{\text{тп}} \rightarrow 1$) при прочих равных условиях, тем менее опасно с точки зрения экологии это транспортное средство. А по количеству выбросов i -ой примеси, (кг/час) можно судить о том, как в совокупности эти две технические характеристики E_i и $\eta_{\text{тп}}$ влияют на концентрацию той или иной примеси. Итак, уравнение (3.11) показывает как все особенности (конструктивные, качество изготовления, техническое состояние, тип и качество топлива и прочие) автомобиля, находящегося в реальных условиях эксплуатации в совокупности влияют на содержание каждой примеси в ОГ. Но, поскольку токсичности отдельно взятых веществ, выбрасываемых автомобилем, сильно отличаются, трудно судить о том, как этот автомобиль в целом воздействует на окружающую среду. Поэтому у специалистов - экологов и эксплуатационников возникает необходимость в комплексной оценке экологической опасности системы «Автомобиль - источник выбросов примесей в атмосферу».

3.1.2 Интегральная оценка экологической опасности отработавших газов автомобиля

Для интегральной оценки экологической опасности подсистемы «Автомобиль - источник выбросов примесей в атмосферу» может быть использован комплексный показатель - категория опасности автомобиля (КОА), который интегрирует в себе одновременно количество выбросов всех примесей, содержащихся в отработавших газах, а также их класс опасности и токсичность, и рассчитывается по формуле:

$$\text{КОА}_i = \sum_{1}^m \text{КОВ} = \sum_{1}^m (M_i / \text{ПДК}_i)^{\alpha_i} \quad (3.12)$$

где α_i - безразмерная константа, позволяющая соотнести степень вредности i -того вещества с вредностью диоксида серы (III класс опасности);

ПДК - максимально-разовая предельно допустимая концентрация, (г/м³);

M_i - количество выбросов i -ой примеси в атмосферу, (г/с).

Важным преимуществом такого подхода к оценке ОГ является тот факт, что КОА позволяет сравнить между собой как опасность отдельных автомобилей (передвижных источников), так и сравнить её с опасностью выбросов промышленных предприятий (стационарных источников загрязнения атмосферы). Как следует из уравнений (3.11) и (3.12), КОА включает в себя одновременно характеристики процесса горения (термодинамический процесс), технических параметров системы и экологической опасности ОГ.

Таким образом, системный анализ показывает, что характеристикой экологической опасности любого автомобиля, оснащённого двигателем внутреннего сгорания, должен служить комплексный показатель - категория опасности автомобиля. Чем больше КОА, тем мощнее и опаснее источник выбросов. Но, если КОА является характеристикой экологического состояния системы, то его можно и нужно отнести к стандартному экологическому состоянию системы «Автомобиль - окружающая среда». В качестве стандарта, целесообразно принять одно из произвольных состояний зафиксированное в требованиях на проведение испытаний по правилам ЕЭК ООН (ЕВРО). Испытания основываются на использовании стандартизованного ездового цикла. Все режимы (переключение передач, торможение, работа двигателя на холостом ходу, остановки) выбираются так, чтобы обеспечивался примерный уровень соответствия значениям скоростей движения и ускорений, которые характеризуют движение в большом городе, в условиях обычного транспортного потока. Такой ездовой цикл имеет характеристики, описанные в системе Правил ЕВРО, которая учитывает также разделение автомобилей по назначению, грузоподъёмности, литражу и типу используемого топлива.

В качестве примера проведём расчёт для малолитражных автомобилей (Class II по ЕВРО - рабочий объём до 2 л и массой не более 1700 кг). Для расчёта категории опасности автомобиля количество выбросов i -ой примеси в атмосферу необходимо представить в виде потока вещества (в единицах массы, отнесённых ко времени), но численные значения предельных выбросов ВВ в

нормах ЕВРО представлены в единицах массы, отнесённых к расстоянию. Поэтому при оценке возникает необходимость в пересчёте количества выбросов формуле:

$$M_i^t = (M_i^L \cdot L_{\text{ц}}) / t_{\text{ц}} \quad (3.13)$$

где M_i^t - удельный выброс i -того вещества на один км пробега, г/км;

$L_{\text{ц}} = 11$ км - протяженность цикла;

$t_{\text{ц}} = 1220$ с - время цикла.

Верхние пределы допустимого содержания различных компонентов при испытаниях на токсичность для автомобилей, относящихся, по правилам ЕЭК ООН к Class II, пересчитанные в единицы массы и отнесённые к единице времени, составляют следующие величины (таблица 3.1):

Таблица 3.1 - Содержание разных примесей в ОГ согласно ЕВРО

ЕВРО	Содержание разных примесей в отработавших газах автомобилей Class II								
	СО			СН			NOx		
	г/с	г/ИСП	%	г/с	г/ИСП	%	г/с	г/ИСП	%
0	0,062	76	80	0,0187	14,6	15	0,0057	4,4	5
I	0,024	30	73,2	0,0065	8	19,5	0,0025	3,0	7,3
II	0,019	24	81,4	0,0026	3,2	10,8	0,0018	2,3	7,8
III	0,020	25	84	0,0022	2,7	9	0,0016	2,0	7
IV	0,016	20	89	0,0011	1,4	6	0,0009	1,1	5

Но КОА не позволяет судить о соответствии ОГ данного автомобиля стандартным требованиям экологической безопасности. Для более объективной оценки опасности по совокупности выбросов от передвижного источника, можно ввести критерий экологической безопасности автомобиля (K_a), который должен дать точное представление об уровне экологической безопасности реально существующего автомобиля и определить насколько он отличается от некоего объективного эталона.

В качестве такого эталона, на наш взгляд, следует использовать категорию опасности автомобиля того же класса, сертифицированного по правилам ЕСЕ 2005 (иначе ЕВРО IV). Автомобиль, удовлетворяющий требованиям ЕВРО IV, нами выбран в качестве эталона потому, что:

- такой автомобиль также можно представить в виде вышеуказанной системы, что даёт нам право сравнивать две системы при фиксированных условиях эксплуатации (ездовой цикл);

- такой автомобиль является наименее экологически опасным инженерным решением по ДВС;

- система ЕВРО учитывает также разделение автомобилей по назначению, грузоподъёмности, литражу и типу используемого топлива.

В качестве примера проведем расчёт для малолитражных автомобилей (Class II). Для расчета категории опасности автомобиля количество выбросов i -ой примеси в атмосферу необходимо представить в виде потока вещества, но численные значения предельных выбросов ВВ в нормах ЕВРО представлены в единицах массы, отнесённых к расстоянию. Поэтому при оценке возникает необходимость в пересчёте количества выбросов по формуле:

$$M_i^t = (M_i^L \cdot L_{\text{ц}}) / t_{\text{ц}} \quad (3.13)$$

где M_i^L - удельный выброс i -того вещества на один км пробега, г/км;
 $L_{\text{ц}} = 11$ км - протяженность цикла;
 $t_{\text{ц}} = 1220$ с - время цикла.

Верхние пределы допустимого содержания различных компонентов при испытаниях на токсичность для автомобилей, относящихся, по правилам ЕЭК ООН к Class II, пересчитанные в единицы массы и отнесённые к единице времени, составляют следующие величины (таблица 3.2).

Произведённый перерасчёт даёт представление о количестве выбросов каждой примеси в атмосферу от автомобиля, относящегося к Class II. Причём, такие выбросы получаются при реализации ездового цикла, который по своей сути является моделью движения автомобиля в городских условиях.

Таблица 3.2 - Содержание разных примесей в ОГ согласно ЕВРО

ЕВРО	Содержание разных примесей в отработавших газах автомобилей								
	СО			СН			N ₀ x		
	г/с	Г/ИСП	%	г/с	Г/ИСП	%	г/с	Г/ИСП	%
0	0,0623	76	80	0,0187	14,6	15	0,0057	4,4	5
I	0,0246	30	73,2	0,0065	8	19,5	0,0025	3	7,3
II	0,0196	24	81,4	0,0026	3,2	10,8	0,0018	2,3	7,8
III	0,0205	25	84	0,0022	2,7	9	0,0016	2,0	7
IV	0,0164	20	89	0,0011	1,4	6	0,0009	1,1	5

Далее, используя уравнение (3.12) и данные таблицы (3.1), могут быть рассчитаны категории опасности автомобилей, относящихся к Class II и отвечающих требованиям ЕЭК ООН (таблица 3.3).

Таблица 3.3 - Интегральные характеристики экологической опасности отработавших газов автомобилей типа Class II, соответствующие требованиям правил ЕЭК ООН

ЕВРО	Категория опасности веществ (КОВ, м ³ /с; %)						КОА, (м ³ /с; %)	
	СО		СН		NO _x			
	м ³ /с	%	м ³ /с	%	м ³ /с	%	м ³ /с	%
0	15,3	5,9	10	3,8	237,5	90,3	263	100
I	6,6	7,2	3,8	4,1	81	88,7	92	100
II	5,4	9	1,6	2,7	53	88,3	60	100
III	5,6	9,5	1,4	2,5	46,8	87	54	100
IV	4,6	17	0,8	3,4	21,5	79,6	27	100

Проанализировав интегральные параметры экологической безопасности автомобиля (таблица 3.3), можно с уверенностью утверждать, что несмотря на то, что наиболее значимой примесью по массе в ОГ является монооксид углерода (до 89 %), экологически наиболее опасной примесью в них следует считать диоксид азота (90,3 % по КОВ), массовое содержание которого в ОГ не

столь велико (всего до 7,8 % по массе). Содержание прочих компонентов можно признать либо мало значимым, либо не значимым (менее 10 % по КОА).

Отношение категории опасности любого автомобиля к категории опасности автомобиля удовлетворяющего самым жёстким действующим нормам на выбросы, принятым в системе ЕВРО, даст критерий для оценки экологического подобия автомобилей. Критерий экологической безопасности автомобиля следует определять по формуле:

$$K_a = \text{КОА}_i / \text{КОА}_{\text{ЕВРО}} \quad (3.14)$$

где $\text{КОА}_{\text{ЕВРО}}$ - категория опасности автомобиля, удовлетворяющего ЕВРО IV;
 КОА_i — категория опасности автомобиля определяемая для реальных условий эксплуатации.

Так как уравнение (3.14) является аналогом уравнения (3.11), усложнённым экологическими параметрами, то его можно рассматривать в качестве критерия для подсистемы «Автомобиль - источник выбросов примесей в атмосферу». Из формулы (3.14) вытекает, что если выполняется условие $K_a \leq 1$, то автомобиль соответствует эталону и его можно допускать к дальнейшей эксплуатации, а если же $K_a > 1$, то техническое состояние такого автомобиля с позиции экологической безопасности следует считать неудовлетворительным.

Используя характеристики на выбросы из правил ЕЭК ООН и уравнения (3.12) и (3.14) можно получить величины критериев экологической безопасности (K_{ai}), а затем описать границы уровней экологической безопасности любого автомобиля (таблица 3.4).

Таблица 3.4 Границы уровней экологической безопасности и технического совершенства автомобилей

ЕВРО	Значение	Уровень опасности	Уровень совершенства
0	>10	Чрезвычайно опасные	Крайне несовершенные
I	4-10	Высоко опасные	Высоко несовершенные
II	2-4	Умеренно опасные	Умеренно несовершенные
III	1-2	Мало опасные	Слабо совершенные
IV	^1	Не опасные	Совершенные

Согласно первой поправки к правилу ЕЭК ООН, а именно № 83-02А ЕЭК ООН (ЕВРО 0). Этому уровню экологической безопасности могут соответствовать автомобили, не оснащённые специальной системой снижения токсичности, которая включает в себя устройства нейтрализации отработавших газов и снижает степень негативного влияния автомобиля почти в 3 раза. Соответствие ДВС автомобиля этому уровню опасности ($Ka > 10$) говорит лишь о его исправном техническом состоянии, но не указывает на возможность его эксплуатации. Этот уровень экологической безопасности должен определяться как *чрезвычайно опасный*, и дальнейшая эксплуатация такого автомобиля недопустима по европейским нормам и нежелательна по российским.

Требования ЕВРО I (а именно К.83-02), вступили в силу в Европе в 1993 году, действовали до 1996 года и считаются устаревшими. Поэтому автомобили, уровень экологической опасности которых, выше уровня ЕВРО I ($4 < a < 10$), предлагается квалифицировать как *высоко опасные*.

Соответствие автомобилей требованиям ЕВРО II (с 1996 г.), и ЕВРО III (с 2000 г.), достигалось не только за счёт совершенствования систем нейтрализации, но и за счёт технических новаций в самих двигателях:

увеличение числа клапанов на цилиндр, регулируемые фазы газораспределения, переменная длина впускного трубопровода, наддув, непосредственный впрыск топлива в камеры сгорания и т.п. Такие автомобили по уровню экологической безопасности следует отнести к мало опасным и умеренно опасным ($2 < Ka < 4$) и ($1 < Ka < 2$) соответственно.

В качестве эталонного норматива предлагается использовать уровень

экологической опасности автомобиля, удовлетворяющего четвёртой поправке к правилу ЕЭК ООН ($Ka \leq 1$), а именно ЕС 2005 ЕЭК ООН (ЕВРО IV). Этот норматив вступит в силу с 2005 года для всех автомобилей, выпускаемых в Европе. Автомобили, соответствующие этому уровню экологической безопасности, следует признать *не опасными* (условно).

Таким образом, автомобиль, снабжённый двигателем внутреннего сгорания, независимо от способа воспламенения смеси, рабочего объёма и типа используемого топлива, а также прочих конструктивных и индивидуальных особенностей может быть представлен в виде двух разных систем «Автомобиль - транспортное средство» и «Автомобиль - источник выбросов примесей в атмосферу». Но эти две системы выполнены в виде единого технического решения - автомобиля. Универсальным критерием, описывающим эту сложную эколого-экономическую систему, должен выступать критерий экологической безопасности автомобиля, который позволяет определить уровень экологической безопасности и технического совершенства любого класса автомобилей. Кроме того, с его помощью, используя нормативы системы ЕВРО, можно построить шкалу оценки экологической безопасности как для отдельного типа автомобилей, так и для всех автомобилей в целом.

3.2 Методика оценки экологической безопасности от стационарных источников загрязнения окружающей среды на автотранспортных предприятиях

Выбросы в атмосферу от стационарных источников загрязнения в многочисленных транспортных предприятиях составляют примерно 4 % от общей массы выбросов передвижных источников, но примеси очень токсичны (гальванические участки, горячая обкатка ДВС, малярные участки и т.д.) и рядом находятся жилые застройки.

Целевые нормативы снижения зольных выбросов от стационарных источников загрязнения (котельные, использующие в виде топлива уголь и мазут)

представлены в таблице 3.5 (по данным НИИАТ).

Таблица 3.5 - Нормативы снижения зольных выбросов от стационарных источников загрязнения

Показатель	Снижение выбросов, в % к 1987 г.		
	1990	1995	2000
Зольные выбросы от котельных, работающих на угле или мазуте	5-7	25	45

Основным мероприятием по снижению объема зольных выбросов является перевод предприятий на центральное теплоснабжение, а также перевод котелен на природный газ.

Стационарными источниками загрязнений являются также вентиляционные источники выбросов предприятий.

Обследование вентвыбросов от источников предприятий, их инвентаризация, расчет степени загрязнения воздушного бассейна и установление норм предельно-допустимых выбросов (ПДВ) должны проводиться всеми предприятиями в соответствии с ГОСТ 17.2.3-02-78 «Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями», «Временной методикой нормирования промышленных выбросов в атмосферу» Госкомгидромета и «Дополнениями к временной методике нормирования промышленных выбросов в атмосферу» 250-1557 от 25.10.1983 г., определяющих структуру ведомственного проекта по ПДВ для предприятий, не относящихся к основным источникам загрязнения атмосферы. Обязательной составной частью расчета норм ПДВ, является план мероприятий по снижению выбросов от стационарных источников и снижению приземных концентраций вредных веществ на границах санитарных зон до норм ПДК. Конкретный перечень мероприятий зависит от специфики и программы работы предприятия или цеха.

Станция обкатки и диагностики двигателей

Количество вредных веществ, поступающих в атмосферу с отработанны-

ми газами при горячей обкатке двигателей внутреннего сгорания определяется путем умножения величины расхода топлива за определенный период времени на величину удельного выброса каждого из вредных веществ (таблица 3.6).

Таблица 3.6 - Удельные выбросы вредных веществ при сгорании 1 кг. топлива в двигателях внутреннего сгорания, г/кг (п-пары, а-аэрозоль, г-газ).

Операция технологического процесса	Топливо	Выделяемое в воздух вредное вещество	Агрегатное состояние	Удел. выброс. г/кг	ПДК в атмосфере мг/м ³
Испытания и горячая обкатка карбюраторных двигателей	Бензин	Окись углерода	г	600,0	3,0
		Углеводороды	п	100,0	5,0
		Двуокись азота	г	40,0	0,085
		Сажа	а	0,52	0,15
		Двуокись серы	г	2,0	0,5
		Бенз(а)пирен	п	0,00023	10 ⁻⁶
		Свинец: для А-72	а	0,113	0,0003
		для А-76	а	0,139	0,0003
Испытания и горячая обкатка дизельных двигателей	Дизельное топливо	Окись углерода	г	100,0	те же ПДКм.р.
		Углеводороды	п	30,0	
		Двуокись азота	г	40,0	
		Сажа	а	15,5	
		Двуокись серы	г	20,0	
		Бенз(а)пирен	п	0,00031	

При ремонте топливной аппаратуры, насосов и гидроагрегатов проводится проверка их герметичности на стендах для обкатки, испытания и регулировки с использованием дизельного топлива, к которому добавляют веретенные масла. При этих операциях в воздух выделяются углеводороды и масляный туман (табл.3.7).

Таблица 3.7 - Удельные выбросы углеводородов масляного тумана при испытаниях и ремонте топливной аппаратуры, насосов и гидроагрегатов, г/кг

Операция технологического процесса	Применяемые вещества	Выделяемое в воздух вредное вещество	Агрегатное состояние	Удельный выброс г/кг	ПДК в атмосфере, мг/м ³
Испытание топливной аппаратуры, насосов и гидроагрегатов на герметичность	Дизельное топливо	Углеводороды	Пары	317,0	5,0
	Веретенное масло	Масляный туман	Аэрозоль	205,0	5,0
Проверка пропускной способности форсунок, измерение и регулировка давления впрыска, угла распыла	Дизельное топливо	Углеводороды	Пары	788,0	5,0
	Веретенное масло	Масляный туман	Аэрозоль	420,0	5,0

Примеры расчета выбросов при горячей обкатке:

- 1) карбюраторные двигатели,
- 2) 5 испытательных стендов,
- 3) бензин А-72 (этилированный),
- 4) расход бензина на один двигатель при максимальных оборотах коленвала и нагрузке - 11,7 кг/ч,
- 5) коэффициент одновременной работы стендов - 0,6.

Расход бензина равен: $1,7 \cdot 5 \cdot 0,6 = 35,1$ кг/ч

Выброс окиси углерода: $600 \cdot 35,1 \cdot 10^{-3} = 21,06$ кг/ч

Выброс углеводородов: $100 \cdot 35,1 \cdot 10^{-3} = 3,51$ кг/ч и так далее.

Для уменьшения величины выбросов вредных веществ в атмосферу при горячей обкатке, применяют комплекс следующих мероприятий: уменьшение расхода топлива при испытаниях, частичная рециркуляция выхлопных газов, применение высококачественных бензинов без токсичных присадок, замена тетраэтилсвинца менее токсичными антидетонационными присадками, применение газообразного топлива, очистка отработавших газов от вредных веществ, улучшение условий рассеивания отработавших газов в атмосфере с помощью высоких вентиляционных труб, озеленение промплощадок и санитарно-защитных зон.

При доведении объема рециркуляционных (оборотных) отработавших газов до 25-25 % от общего объема выхлопа уменьшается содержание в нем дву-

оксида азота на 70-80 %. При добавлении к поступающему в двигатель воздуху 6 % воды уменьшается содержание в отработавших газах двуоксида азота почти на 50 %. Применение барийсодержащих присадок к дизельному топливу уменьшает выброс сажи на 70-90 % и бенз(а)пирена - на 60-70 %.

Установка фторопластовых колец в прокладке головки блока (разработка Минского моторного завода) без изменений в конструкции двигателя экономит 8-10 литров горючего за смену или около тонны дизельного топлива в год, соответственно уменьшается величина выбросов вредных веществ в атмосферу.

Замена этилированного бензина бензометанольной смесью (разработка кафедры ДВС Луганского машиностроительного института и Северодонецкого ГОСНИИ металлопроекта) полностью исключает выброс свинца и в несколько раз уменьшает выбросы других вредных веществ при работе карбюраторных двигателей.

Для очистки отработавших газов от аэрозолей свинца и сажи применяют мокрые вентиляционные пылеуловители типа ПВМ при объединении выхлопных труб испытательных стендов в общий коллектор.

Для улавливания в отработавших газах вредных веществ, находящихся в газо- и парообразном состоянии применяют сухие фильтры с гранулами из активированного угля типа «Антрасорб» - каменный уголь, обработанный перегретым паром. Для улавливания масляного тумана и углеводородов при ремонте и испытаниях топливной аппаратуры применяют масляные ячейковые фильтры.

Для поглощения вредных веществ, содержащихся в выхлопных газах применяют зеленые насаждения на промплощадках и в санитарно-защитной зоне предприятия: барбарис, можжевельник, боярышник, ясень, тополь и зеленые газоны (20-30 метров шириной) между лесополосами изолирующего или фильтрующего типа шириной не менее 20 метров каждая. Защитное озеленение санитарно-защитной зоны предприятия должно занимать не менее 60 % их площади.

Ширина санитарно-защитной зоны для авторемонтного предприятия со-

ставляет 50-10 метров и уточняется расчетом, так же как высота вентиляционной трубы и допустимая мощность выброса вредных веществ (ПДВ).

Сварочно-металлизированное отделение

Количество вредных веществ, выделяющихся в воздух во время сварки, наплавки и напыления при ремонте и восстановлении узлов и деталей машин определяется по формуле:

$$M_i = K_i \cdot B \cdot 10^{-3},$$

где M_i - мощность выброса i -го вредного вещества, г/ч;

K_i - удельный выброс i -го вредного вещества, г/кг сварочных материалов (таблица 3.8 и 3.9);

B - масса расходуемых электродов или газовой смеси, или наплавного материала, кг/ч

Таблица 3.8 - Удельные выбросы вредных веществ в воздух при сварке, наплавке и напылении, г/кг сварочной проволоки

Операция технологического процесса	Сварочные материалы	Выделяемое вредное вещество			
		Наименование	Агрегатное состояние	Удельный выброс, г/кг	ПДК м.р. в воздухе мг/м ³
Электродуговая сварка или наплавка под флюсом (автомат. или полуавтомат способ)	Флюс ФЦ-6	Пыль	а	0,120	0,5
		Окись марганца	а	0,007	0,01
		Фтористый водород	п	0,033	0,02
Ручная электродуговая сварка штучными электродами из углеродистых и низколегированных конструкционных сталей	АНО-1	Пыль	а	7,1	0,5
		Окись марганца	а	0,43	0,01
	ОЗС-3	Пыль	а	15,3	0,5
		Окись марганца	а	0,42	0,01
		Фтористый водород	п	2,13	0,02

Таблица 3.9 – Удельный выброс двуокиси азота при газосварке, г/кг

Выделяемое вредное вещество

	Наименование	Единица измерения	Удельный выброс г/кг, или г/м ³	ПДК м.р. в воздухе, мг/м ³
Газовая сварка стали: 1) ацетилено-кислородная смесь 2) с пропан-бутановой смесью	Двуокись азота	г/кг ацетилена	22,0	0,085
		г/кг смеси	15,0	0,085

Для защиты воздуха от загрязнения вредными веществами на сварочных постах применяют местные отсосы и укрытия типа ОВ-09-151, переносные дымоочистители типа "Вихрь-2" (ГОСНИТИ) на базе пылесоса, имеющего матерчатые фильтры со степенью очистки 99 % (производительность 200,0 м³/ч). На второй ступени очистки для улавливания газов и паров применяют малогабаритные поглотители с загрузкой активированным углем. В перспективе возможно использование смол и адсорбционных методов очистки.

Для улавливания аэрозолей в воздухе вытяжной вентиляции применяют двухступенчатую очистку - сначала на рулонном матерчатом фильтре (грубая очистка), затем на электрофильтрах (или на тонких матерчатых фильтрах типа ФВ-60).

Наибольшее количество фтористого водорода выделяется при сварке под слоем флюсов ОСЦ-45 и АН-348А. Для уменьшения выброса фтористого водорода рекомендуется применять рутиловые электроды марок АНО, или керамические флюсы К-2, К-2П, К-5, К-11, КС-12ГА2, или порошковую проволоку ПП-ДСК (выброс фтористого водорода равен 0,1 г/кг).

Допустимую мощность выброса вредных веществ в воздух, высоту вентиляционной трубы и размер санитарно-защитной зоны определяют по методике расчета ПДВ.

Слесарно-механический участок

При холодной обработке металлов и их сплавов на токарных, фре-

зерных, сверлильных, шлифовальных, полировочных, отрезных, расточных, заточных станках в воздух выделяется пыль. При точении, сверлении, фрезеровании с использованием смазочно-охлаждающих жидкостей в воздух выделяются аэрозоли масла и эмульсола (таблицы 3.10 и 3.11).

Таблица 3.10 - Удельный выброс пыли при холодной механической обработке материалов, граммы в секунду

Операция технологического процесса	Определяющая характеристика оборудования	Выделяемое вредное вещество			
		Наименование	Агрегатное состояние	Удельный выброс, граммы в секунду	ПДК м.р. в воздухе мг/м ³
Шлифование	Круглошлифовальные станки с диаметром круга: 150 мм 900мм	Пыль абразивная и металлическая	a	0,033	0,04
			a	0,086	0,04
	Плоскошлифовальные станки с диаметром круга: 175 мм 550мм	То же	a	0,036	0,04
			a	0,063	0,04
Заточка, очистка	Заточные станки 100 мм 550мм	То же	a	0,009	0,04
			a	0,068	0,04
Обработка чугуна резанием	Токарные станки	Пыль чугуна	a	0,011	0,04
	Фрезерные станки		a	0,007	0,04
	Сверлильные станки		a	0,0014	0,04

Таблица 3.11 - Удельные выбросы масляного тумана и эмульсола при обработке металлов с использованием смазочно-охлаждающих жидкостей, граммы в секунду (N - мощность двигателя станка, кВт).

Операция технологического процесса	Охлаждающая жидкость	Выделяемое вредное вещество	Агрегатное состояние	Удельный выброс, граммы в секунду

Точение на токарно-револьверных станках (N=2,8-14,0)	Масло	Масляный туман	a	0,00016-0,00078
	Эмульсия	Эмульсол	a	0,000005-0,000024
Сверление на вертикально-сверлильных станках (N=1,0-10,0)	Масло	Масляный туман	a	0,000056-0,00056
	Эмульсия	Эмульсол	a	0,000017-0,00017
Строгание на продольно-строгальных станках (N=40,0-180,0)	Масло	Масляный туман	a	0,0022-0,01
	Эмульсия	Эмульсол	a	0,00007-0,00032
Шлифование на плоско-шлифовальных станках (N=1,7-28,0)	Масло	Масляный туман	a	0,014-0,23
	Эмульсия	Эмульсол	a	0,000078-0,0013

Пример расчета:

- 1) шлифование,
- 2) один круглошлифовальный станок с диаметром круга 150 мм и один плоскошлифовальный станок с диаметром круга 175 мм,
- 3) режим работы односменный - 2100 часов в год,
- 4) коэффициент использования оборудования по времени равен единице.

$$M_i = 3,6 \cdot K_i \cdot t,$$

где M_i - мощность выброса пыли в воздух, кг/ч;

K_i - удельный выброс пыли в воздух, г/с

t - время работы, часы.

Для круглошлифовального станка:

$$M = 3,6 \cdot 0,033 = 0,119 \text{ кг/ч}$$

Для плоскошлифовального станка:

$$M_{\text{пыли}} = 3,6 \cdot 0,036 = 0,130 \text{ кг/ч}$$

$$\text{Итого: } 0,249 \text{ кг/ч}$$

$$M_{\text{пыли}}^{\text{год}} = 0,249 \cdot 21000 = 522,9 \text{ кг/год} = 0,523 \text{ т/год}$$

Для борьбы с пылевыделением применяют гидрообеспыливание в виде предварительного смачивания водой всей поверхности обрабатываемой детали, а также орошение водой детали при обработке ее на станке.

Рекомендуется заменять охлаждение маслом или эмульсией на беспыльное охлаждение инструмента струей низкотемпературного воздуха.

Для очистки воздуха вытяжной вентиляции от пыли применяют циклоны СНИТ, или ВЦНИИОТ с обратным конусом, или ЛИОТ с водяной пленкой, или конические циклоны ГПИ «Проектпромвентиляция» (г.Ростов-на-Дону). Для очистки от аэрозолей масляного тумана и эмульсола применяют ротационные масляные фильтры ФРМ.

Гальванический участок

При механической очистке поверхности деталей перед нанесением гальванических покрытий с помощью пескоструйной обработки, шлифования, полирования в воздух выделяется пыль абразивная и металлическая. Методика расчетов мощности выбросов пыли и воздухоохраные мероприятия приведены в разделе «Слесарно-механический участок».

При химической подготовке перед нанесением гальванических покрытий (обезжирование, травление, химическое и электрохимическое полирование и активирование) в воздух выделяются щелочи, кислоты, хромовый антигидрид (таблица 3.12).

Количество газо- и парообразных веществ, выделяемых в воздух рассчитывают по формуле:

$$M_i = 3,6 \cdot K_i \cdot F,$$

где M_i - мощность выброса i -ого вредного вещества, кг/ч;

K_i - удельный выброс i -ого вредного вещества, грамм в секунду с одного квадратного метра зеркала ванны;

F - площадь зеркала ванны, m^2 .

Количество вредных веществ, выбрасываемых в виде аэрозолей определяется по формуле:

$$M_i = 3,6 \cdot K_i \cdot F \cdot t,$$

где M_i - мощность выброса i -ого аэрозоля, кг/ч;

K_i - удельный выброс i -ого аэрозоля, г/м² зеркала ванны;

F - площадь зеркала ванны, м²;

t - коэффициент разбавления аэрозоля в чистом воздухе вытяжной вентиляционной трубы, при ее высоте 10 метров и более равен 0,1.

Пример расчета:

- 1) хромирование,
- 2) две гальванические ванны,
- 3) площадь зеркала каждой ванны равна 0,72 м²,
- 4) высота вентиляционной трубы равна 15 метров,
- 5) режим работы ванн односменный -2100 часов в год.

Суммарная площадь зеркала двух ванн равна 1,44 м².

Суммарный выброс аэрозоля хромового ангидрида равен:

$$M = 3,6 \cdot 0,03 \cdot 1,44 \cdot 0,1 = 0,0156 \text{ кг/ч}$$

Годовой выброс равен:

$$0,0156 \cdot 2100 = 32,76 \text{ кг/год}$$

Таблица 3.12 - Удельные выбросы вредных веществ в воздух при нанесении гальванических покрытий, грамм в секунду с одного квадратного метра зеркала ванны

Операция технологического процесса	Характеристика технологического процесса				Выделяемое вредное вещество			
	Применяемые вещества	Концентрация, г/л	Температура, градусы	Плотность тока, А/дм ²	Наименование	Агрегатное. сост.	Удельный выброс, г/м ² зеркала ванны	ПДК м.р. в воздухе, мг/м ³
Обезжиривание	Едкий натрий	85,0	70-80	5-10	Едкий натрий	а	0,011	0,5

Травление	Соляная кислота	300-400	18-25	-	Хлористый водород	п	0,08	0,2
Анодирование	Хромовый ангидрид	55	37-41	3-4	Хромовой ангидрид	а	0,001	0,0015
Хромирование	То же	200-300	48-53	15-20	То же	а	0,03	0,0015
Осталивание (железнение)	Хлористое железо	200-300	60-80	10-40	Хлористый водород	п	0,017	0,2
	Хлористый марганец	10-50						
	Соляная кислота	1,0-1,5						

Для уменьшения выделения вредных газов и паров с поверхности растворов применяют присадки, ингибиторы кислотной коррозии. Для уменьшения пылевыведения механическую очистку поверхности детали до и после нанесения гальванических покрытий рекомендуется заменять менее пылящими химико-механическими методами подготовки поверхности. Обезжиривание в органических растворителях заменять химическим обезжириванием в менее летучем щелочном растворе (едкий натрий). Электролиты хромирования, содержащие шестивалентный хром заменять электролитами, не содержащими хром.

Рекомендуется использовать саморегулирующиеся электролиты хромирования, не требующие коррекции. Для полного устранения операции полирования применяют блескообразующие добавки в гальванических ваннах (сахарин, бутанол, БЦ-1, Б-72-11 и др.).

Для защиты воздуха над ваннами применяют местные отсосы и укрытия типа ОВ-09-151. Для очистки воздуха вытяжной вентиляции от пыли применя-

ют циклоны ЛИОТ с водяной пленкой или ВЦНИИОТ с обратным конусом. На второй ступени для очистки воздуха от аэрозолей кислот, щелочей, хромового ангидрида применяют гидрофилтры или скрубберы с растворами, соответственно, щелочей или кислот (для реакции нейтрализации). На третьей ступени очистки вентиляционного воздуха применяют фильтры с активированным углем для улавливания паров органических растворителей и других вредных веществ.

Допустимая мощность выброса, высота вентиляционной трубы и размер санитарно-защитной зоны определяются по методике расчета ПДВ.

Разборочно-моечное отделение

При разборочно-моечных работах в воздух выделяются силикатная пыль при пескоструйной обработке и аэрозоли расплава солей и щелочей, применяемые при трудно удаляемых загрязнениях на деталях и узлах (таблица 3.13).

При мойке деталей и узлов органическими растворителями в воздух выделяются пары углеводородов, бензина, керосина, аэрозоль масляного тумана (таблица 3.13).

Таблица 3.13 - Удельные выбросы вредных веществ в воздух при мойке деталей и узлов в разборочно-моечном отделении, грамм на квадратный сантиметр зеркала ванны

Операция Технологического процесса	Применяемое вещество	Выделяемое вредное вещество		
		Наименование	Агрегатное состояние	Удельный выброс, г/см ² зеркала ванны
Пескоструйная очистка деталей	Песок	Пыль	а	0,072 г/с на установку

Снятие нагара с деталей в расплаве солей и щелочей	Едкий натрий Азотнокислый натрий Хлористый натрий	Аэрозоль расплава солей и щелочей	а	0,00073
Мойка деталей бензином	Бензин	Бензин	п	0,382
Мойка деталей масляных насосов и др.	Дизельное топливо	Масляный туман	а	0,012 0,01
		Углеводороды	п	0,045
Мойка и расконсервация деталей	Керосин	Керосин	п	0,045
Удаление старых лакокрасочных покрытий в выварочных ваннах	Едкий натрий Тринатрий фосфат Углекислый натрий	Щелочи	а	0,0058

Мощность выброса вредных веществ в воздух определяется по формуле:

$$M_i = 3,6 \cdot K_i \cdot F,$$

где M_i - мощность выброса i -ого вредного вещества, кг/час;

K_i - удельный выброс i -ого вредного вещества, грамм на один квадратный сантиметр зеркала ванны,

F - площадь зеркала ванны, $см^2$.

Мощность выброса пыли при пескоструйной обработке определяется по формуле:

$$M_p = 3,6 \cdot K_p,$$

где M_p - мощность выброса пыли, кг/ч;

K_p - удельный выброс пыли, грамм в секунду.

При использовании для мойки соды, едкого натрия и нефтепродуктов мощность выделений их в воздух незначительна и при рассеивании в атмосфере ПДК_{м.р.} не превышаются, поэтому специальные защитные мероприятия не нужны. Рекомендуется заменять их синтетическими моющими средствами (СМС), основу которых составляют синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), а именно: Лабомид -101 и 203, МС-6, МС-15, МЛ-51, термос и др.

Пескоструйная обработка деталей и снятие нагара с деталей в расплаве солей и щелочей при высоких температурах (390°-410⁰) проводятся в укрытиях с местными отсосами. Пыль улавливается в вентиляционном воздухе циклонами СИОТ, или ВЦНИИОТ с обратным конусом (первая ступень очистки), а на второй ступени очистки - матерчатыми фильтрами СЦН-101. Аэрозоли щелочей и солей улавливаются гидрофильтрами или скрубберами с растворами кислот (для реакции нейтрализации).

Масляный туман и органические растворители (бензин, керосин, углеводороды) улавливаются в вентиляционном воздухе масляными ротационными фильтрами ФРМ.

Мощность допустимого выброса вредных веществ в воздух, высота вентиляционной трубы и размер санитарно-защитной зоны определяются по методике расчета ПДВ.

3.3 Методика оценки уровня экологической опасности и технического совершенства автомобилей

Критерий экологической безопасности различных автомобилей, предложенный в параграфе 3.1 может быть использован для оценки технического совершенства автомобилей различных марок, если в основу оценки автомобиля положить требования по экологической безопасности [Проект закона].

Для определения уровня экологической опасности и технического совершенства (Ка) любого автомобиля необходимо использовать методику, которая подразумевает совершение следующих действий:

1) сначала, в соответствии с классификацией, принятой в системе Правил ЕЭК ООН R 15/05 (далее Правила ЕВРО), необходимо определить класс испытываемого автомобиля;

2) затем, исходя из класса автомобиля, необходимо определиться с методикой испытания. Испытания легковых автомобилей проводятся на беговых барабанах с использованием ездового цикла, применяемого в Европе и России (Правила ЕВРО, а также ОСТ 37.001.054-86). Испытания грузовых автомобилей полной массой свыше 3,5 тонн проводятся также способом, регламентирован-

ным Правилами ЕВРО, а именно Директивами ЕЭК R 49 и ЕЭК R 24, на испытательном моторном стенде, с использованием 13-ти ступенчатого цикла. Согласно требованиям Правил ЕВРО должны нормироваться количество угарного газа, суммарных углеводородов и оксидов азота, а для дизельных двигателей ещё и содержание твёрдых частиц;

3) на следующем этапе оценки экологической опасности автомобиля необходимо провести испытания по принятой методике испытаний. Испытания следует проводить с специально оборудованной лабораторией, с использованием оборудования, заданной чувствительности и точности и последовательностью операций, регламентированной Правилами ЕВРО. Согласно требованиям Правил ЕВРО нормируют количество монооксида углерода, суммарных углеводородов и оксидов азота, а для дизельных двигателей ещё и содержание твёрдых частиц. То – есть, осуществляя данный этап, исследователь задаёт системе «Автомобиль - окружающая среда» фиксированные условия (параграф 3.1);

4) на четвёртом этапе оценки необходимо охарактеризовать подсистему «Автомобиль - источник выбросов примесей в атмосферу», для чего необходимо рассчитать интегральный показатель токсичности испытуемого автомобиля (параграф 3.1);

5) для критериальной оценки испытуемого автомобиля (параграф 3.1) необходимо подобрать автомобиль - эталон, класс которого должен соответствовать классификации принятой Правилами ЕВРО. Автомобиль - эталон должен быть проверен тем же способом с использованием такого же оборудования, которые (способ и оборудование) регламентированы Правилами ЕВРО. Кроме этого, автомобиль - эталон должен удовлетворять самым жёстким действующим нормам по токсичности, которые приняты в системе Правил ЕВРО для соответствующего ему класса автомобилей;

6) на шестом этапе оценки нужно найти численное значение критерия экологической безопасности испытуемого автомобиля, для чего следует соотнести интегральные показатели опасности испытуемого автомобиля и автомобиля-эталона. Причём, численное значение критерия экологической безопасно-

сти и технического совершенства покажет уровень несоответствия испытуемого автомобиля автомобилю - эталону (таблица 3.4), а также поможет оценить уровень совершенства автомобиля по его опасности для человека.

Для определения уровня экологической опасности автомобилей определённой группы (например какой-нибудь одной марки), необходимо провести следующие методические операции:

- из серийного производства отобрать не менее трёх - пяти (а лучше больше), новых автомобилей этой группы;
- по предложенной выше методике оценить уровень экологической опасности и технического совершенства этих автомобилей;
- статистически обработать полученные данные. Приемлемым будет считаться такой результат, относительная погрешность измерений которого составит не более 15 % (ОСТ 37.001.054-86).

Для определения влияния пробега автомобилей какой-нибудь одной марки, на уровень их экологической опасности сначала следует определиться с частотой контрольных проверок этих автомобилей в процессе эксплуатации. То есть все автомобили, находящиеся в эксплуатации (в нашем примере рассматриваются автомобили с пробегом до 80 000 км), необходимо распределить по возрастным группам. Для этого сначала нужно выбрать ширину интервала группировки (величины пробега). На наш взгляд за ширину интервала целесообразно принять ошибку в 10 % от измеряемой величины. Затем необходимо определиться с пределами интервалов группировки. Это наибольшее и наименьшее значения пробега, которые могут находиться в данном интервале, то есть в данной возрастной группе. В качестве представительного значения каждого интервала группировки (значения пробега) следует использовать срединное значение интервалов группировок. В данном случае за срединное значение мы предлагаем использовать каждые 10 000 км пробега, т.е. 10, 20, 30 тысяч километров пробега и т.д. А в качестве пределов каждого интервала мы предлагаем использовать 10 % от величины пробега, тогда этим обстоятельством будет определена случайная ошибка измерений, она также составит 10 %. Систе-

матическая ошибка измерений, учитывающая точность аппаратуры, метода, субъективные и прочие факторы, согласно требованиям Правил ЕВРО, а также действующим в России ОСТ 37.001.054-86 должна составлять не более 5 %. Тогда относительная погрешность измерений будет менее 15%, что позволит доверять полученным результатам.

Итак, для определения изменения уровня экологической опасности автомобилей, выбранной марки в процессе их эксплуатации, необходимо:

- определить возрастные группы автомобилей и их предельные значения;
- произвести выборку трёх - пяти автомобилей для каждой возрастной группы;
- воспользовавшись предложенной выше методикой, оценить уровни экологической опасности каждого из выборочных автомобилей этой марки;
- с помощью известных математических приёмов обработать полученные данные;
- на основе корреляционно-регрессионного анализа построить функциональную зависимость изменения уровня экологической опасности автомобиля от величины пробега;
- оценить изменение уровня экологической опасности автомобиля.

Описанная методика позволяет оценить уровень экологической опасности и технического совершенства как отдельно взятого автомобиля, так и автомобилей любой выбранной марки, а также позволяет определить изменение уровня экологической Опасности автомобилей в процессе их эксплуатации.

3.4 Оценка технического совершенства автомобилей различных марок по критериям экологической безопасности

Критерий экологической безопасности может быть использован для оценки технического совершенства различных представителей автомобильного парка, если в основу оценки качества этих автомобилей положить требования экологической безопасности [Проект закона].

Испытания легковых автомобилей на выбросы примесей с ОГ проводят-

ся на беговых барабанах с использованием ездового цикла, применяемого в Европе и России (Правила ЕЭК ООН 15/05, а также ОСТ 37.001.054-86). Испытания автомобиля КАМАЗ 5320 проводятся на испытательном моторном стенде с использованием 13-ти ступенчатого цикла испытаний по методике, регламентированной Директивами ЕЭК R 49 и ЕЭК R 24 для грузовых автомобилей полной массой свыше 3,5 тонн. Отбор порций отработавших газов всех представленных автомобилей осуществляется в соответствии с принятым в Европе в 1982 году методом отбора проб при постоянном объёме газа (метод CVS).

Данные о величинах выбросов ВВ с ОГ автомобилями марки ВАЗ 2105 получены в исследовательской лаборатории проблем транспорта при Оренбургском государственном университете (ОГУ). Испытания проводились по методике установленной ОСТ 37.001.054-86, унифицированной с правилами ЕЭК ООН R 15/05. Относительная ошибка измерений составила 8,0 % для оксидов азота, 10 % для оксида углерода и 6,5 % для углеводородов.

Данные о величине выбросов ВВ с ОГ автомобилями Москвич 2141 и КАМАЗ 5320 были заимствованы из работы Г.П.Дворникова. Результаты испытаний на токсичность ОГ автомобилями ГАЗ 3102, проведённые в ФНИКТИД, автополигоне НАМИ, НИИАТе и других научных организациях использованы для определения уровня экологической опасности автомобилями ГАЗ 3102. Уровень экологической опасности автомобилями ВАЗ 21103 определялся на основе результатов испытаний, проведённых в лаборатории токсичности отдела топливной аппаратуры и токсичности АО «АВТОВАЗ». Данные о величинах выбросов представлены в таблице 3.14.

Таблица 3.14 - Величины выбросов ВВ (г/км, г/с и %) с ОГ разных автомобилей

Марка АТС	Количество выбросов ВВ (г/км и %) автомобилями разных марок											
	NOx			CO			CH			Итого:		
	г/км	г/с	%	г/км	г/с	%	г/км	г/с	%	г/км	г/с	%
К 5320	29,81	0,269	3,8	430,49	3,884	55,5	314,78	2,840	0,6	775,5	7	100

ГАЗ 3102	1,004	0,0052	5	17,892	0,093	89	1,234	0,0064	6	20,13	0,1047	100
ВАЗ 2105	1,073	0,0057	5,4	17,102	0,0885	85,9	1,727	0,0089	8,7	19,90	0,1029	100
ВАЗ 21103	0,161	0,0015	12,2	1,014	0,009	76,8	0,146	0,0013	11	1,30	0,0119	100
М 2141	1,258	0,0065	14,8	5,108	0,0265	60,2	2,122	0,011	25	8,50	0,044	100

Используя данные таблицы 3.14 следует ответить на ряд основных вопросов: Какое количество примесей каждый из этих автомобилей ежесекундно выбрасывает в атмосферу во время своего движения в городских условиях? Какая примесь может быть приоритетной? Какой автомобиль является экологически более опасным?

Анализ потоков отдельных примесей с ОГ в атмосферу показывает, что приоритетной примесью в ОГ всех автомобилей является оксид углерода (от 55 до 89 % от общего количества выбросов), затем в ряду располагаются углеводороды (от 6 до 40,6 %) и на последнем месте оксиды азота (от 3,8 до 14,8 %). Следует отметить, что в отработавших газах автомобиля КАМАЗ 5320 должно контролироваться ещё и наличие твёрдых частиц (PM). Их содержание не велико (всего 0,1 %). Но анализ на основе количества выбросов с ОГ следует признать достаточно грубым, так как он опирается только на одну характеристику примеси - массовую концентрацию, и не учитывает токсичности и класса опасности этих веществ, которые в такой же степени характеризуют воздействие примеси на качество окружающей среды. Если проводить комплексную оценку опасности ОГ, то, согласно требованиям ОНД-86 токсичность и класс опасности необходимо включить в количественные закономерности. Это условие выполняется лишь при расчёте категории опасности автомобиля по уравнению (3.12), (таблица 3.15):

Таблица 3.15 - Влияние марки автомобиля на экологическую опасность

Марка автомобиля	Категория опасности различных компонентов ОГ	Категория опасности ав-
---------------------	---	----------------------------

	NO _x		CO		CH			
	м ³ /с	%	м ³ /с	%	м ³ /с	%	м ³ /с	%
К 5320	33979	95	631,7	1,8	890,23	2,4	35799	100
М2141	282,5	95,5	7,1	2,5	6,0	2	296	100
ВАЗ 2105	230	89,8	21,0	8,2	5,14	2,0	256	100
ГАЗ 3102	211,2	89,2	21,9	9,2	3,79	1,6	237	100
ВАЗ 21103	39,95	91,7	2,72	6,3	0,89	2	44	100

Проанализировав интегральные параметры экологической безопасности автомобиля (таблица 3.5), можно с уверенностью утверждать, что не смотря на то, что наиболее значимой примесью по массе в ОГ является монооксид углерода (до 89 %), экологически наиболее опасной примесью в них следует считать диоксид азота (до 95,5 % по КОВ), содержание которого и не столь велико (всего 4-15 % по массе). Содержание прочих компонентов по их воздействию на экосистемы вообще следует признать не значимыми (менее 10 % по КОВ).

Используя КОА, автомобили разных марок ранжировать следующим образом. Наиболее опасным из рассматриваемых автомобилей следует признать автомобиль КАМАЗ 5320. Категория его опасности более чем на порядок отличается от автомобилей других марок, представленных в группе. Далее в порядке убывания следуют автомобили Москвич 2141, ВАЗ 2105 и ГАЗ 3102. Наименее экологически опасным является автомобиль марки ВАЗ 21103 экологическая опасность которого в 813 раз меньше чем опасность автомобиля КАМАЗ.

Но категория опасности автомобиля не даёт представления об уровне технического совершенства отдельного автомобиля и его соответствия действующим нормам на выбросы. Очевидно, что грузовой автомобиль должен быть более экологически опасным, чем любой легковой автомобиль. Но грузовой автомобиль с точки зрения экологической безопасности, в своём классе автомобилей может иметь более совершенную конструкцию, чем легковой автомобиль в своём классе. Поэтому, возникает необходимость в сравнительной оценке

экологической безопасности этих автомобилей, а за эталон следует принять нормы ЕВРО-IV соответствующего класса автомобилей.

Категории опасности автомобилей относящихся к Class II, (массой не более 1700 кг), и отвечающих требованиям ЕЭК ООН представлены в таблице 3.16. Автомобиль КАМАЗ 5320 согласно классификации, принятой в правилах ЕЭК ООН относится к группе грузовых автомобилей полной массой более 3,5 тонн (Class IV). Аналогично, используя уравнение (3.12) и предельные нормируемые значения выбросов токсичных компонентов ОГ таких автомобилей, можно рассчитать категорию опасности автомобилей, отвечающих этим требованиям.

Таблица 3.16 - Интегральные характеристики экологической опасности ОГ эталонных автомобилей массой менее 1700 кг (Class II), и дизельных автомобилей полной массой более 3,5 т (Class IV), соответствующих требованиям правил ЕЭК ООН (ЕВРО IV).

Тип АТС	Категория опасности веществ						Категория опасности автомобиля (КОА)	
	СО		СН		N0,			
	м ³ /с	%	м ³ /с	%	м ³ /с	%	м ³ /с	%
Class II	4,6	17	0,8	3,4	21,5	79,6	27	100
Class IV	5,03	0,15	3,17	0,1	3486	98,5	3537	100

Из таблицы 3.16 видно, что приоритетной примесью по КОВ для всех автомобилей является диоксид азота (от 79,6 % до 98,5 %). Далее для легковых автомобилей следует угарный газ (17 %), а содержание углеводорода следует признать вообще не значимым (только 3,4 %). Для автомобиля КАМАЗ 5320 значимой является только одна примесь - диоксид азота.

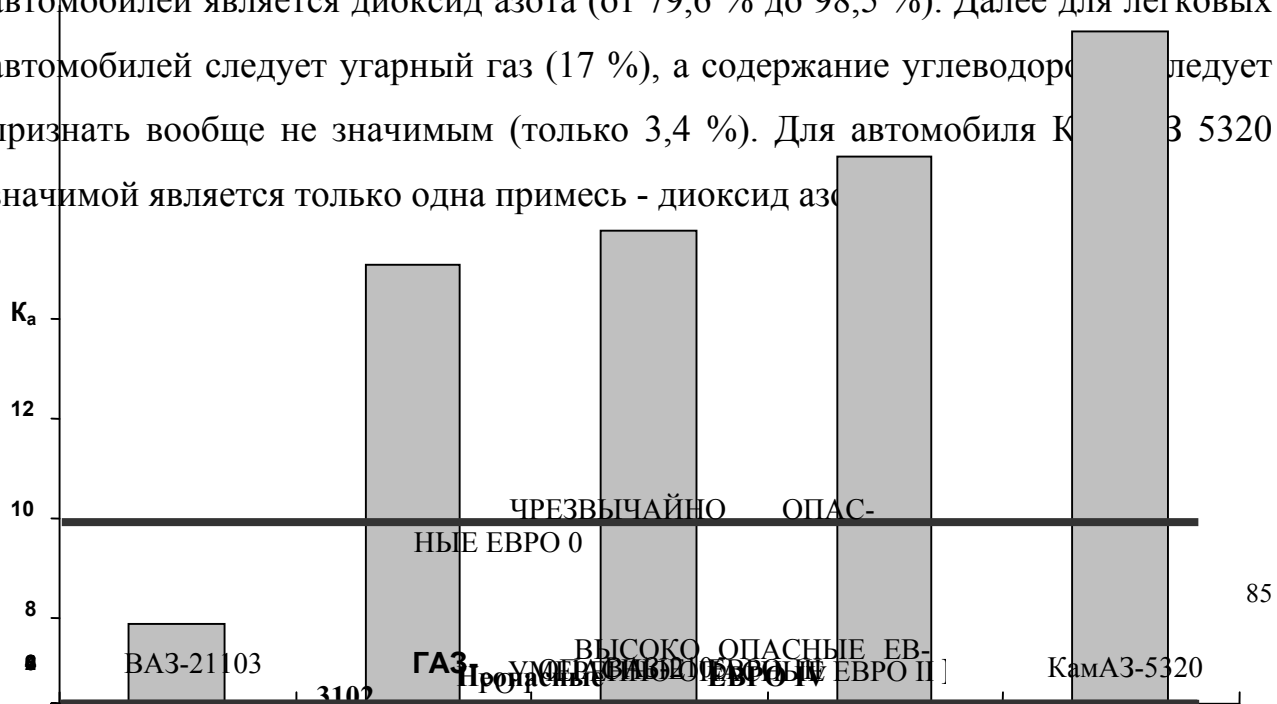


Рисунок 3.1 Ранжирование автомобилей разных марок по уровню технического совершенства с позиции экологической безопасности.

Подставив полученные значения КОА (таблица 3.15 и 3.16) в уравнение (3.14), необходимо провести критериальную оценку экологической безопасности и технического совершенства представленных автомобилей (рисунок 3.2).

По результатам критериальной оценки можно сделать вывод, что наиболее технически совершенным оказывается автомобиль ВАЗ 21103. Он по уровню экологической безопасности ($K_{\text{ВАЗ 21103}}=1,6$) относится к *мало опасному* источнику выбросов, а значит, с экологических позиций, он является *слабо совершенным* техническим решением. Затем в ряду располагаются автомобили ГАЗ 3102 ($K_{\text{ГАЗ 3102}}=8,8$) и ВАЗ 2105 ($K_{\text{ВАЗ 2105}}=9,5$), они относятся к *высоко опасным* источникам выбросов и уровень их технического совершенства можно квалифицировать как *высоко несовершенный*. Автомобили Москвич 2141 ($K_{\text{М 2141}}=10,95$) и КАМАЗ 5320 ($K_{\text{КАМАЗ 5320}}=13,5$) относятся к *чрезвычайно опасным* источникам выбросов и могут рассматриваться специалистами-экологами как *крайне несовершенные* технические решения, эксплуатация должна быть запрещена [Проект закона].

Таким образом критерий экологической безопасности автотранспортных средств (АТС) позволяет сделать вывод о том, как автомобиль в целом воздействует на окружающую среду и определить экологические и технические мероприятия, связанные с эксплуатацией АТС.

3.5 Влияние пробега транспортных средств на экологическую безопасность

Для определения уровня экологической безопасности автомобилей, в процессе их эксплуатации, были проведены исследования по оценке влияния пробега автомобилей на количество и токсичность отработавших газов, качества испытуемых автомобилей, в пособии приняты автомобили производства АО «АВТОВАЗ» следующих марок:

- автомобиль ВАЗ 21043/53/07-10-серийной комплектации, оснащён двигателем ВАЗ 2103 с рабочим объёмом цилиндров $V_h = 1452 \text{ см}^3$, батарейной

системой зажигания, системой питания 2107-1107010-20, свечами зажигания А 17 ДВР, установка угла опережения зажигания (УУОЗ) +1°;

- автомобиль ВАЗ 2106 - серийной комплектации, оснащён двигателем ВАЗ 2103 с рабочим объёмом цилиндров $V_h = 1569 \text{ см}^3$, батарейной системой зажигания, системой питания 2107-1107010-20, свечами зажигания А 17 ДВР, установка угла опережения зажигания (УУОЗ) +1°;

- автомобиль ВАЗ 2108/09/099 - серийной комплектации, оснащён двигателем ВАЗ 21093, рабочим объёмом цилиндров $V_h = 1499 \text{ см}^3$, бесконтактной системой зажигания, системой питания 21083-1107010-31/35, свечами зажигания А 17 ДВРМ;

- автомобиль ВАЗ 2120 - автомобиль серийной комплектации, оснащён двигателем ВАЗ 21213, рабочим объёмом цилиндров $V_h = 1699 \text{ см}^3$, бесконтактной системой зажигания, системой питания 21073-1107010, свечами зажигания А 17 ДВР;

- автомобиль ВАЗ 21102 - серийной комплектации, оснащён восьми клапанным, инжекторным двигателем ВАЗ 2111 с рабочим объёмом цилиндров $V_h = 1499 \text{ см}^3$, свечами зажигания А 17 ДВРМ, кроме того, на автомобиль установлена система снижения токсичности ЕВРО-III.

Данные о величине выбросов ВВ с ОГ автомобилей марки ВАЗ 21043/05/07, ВАЗ 2106, ВАЗ 2120 и ВАЗ 2108/09/099 были получены в исследовательской лаборатории проблем транспорта при Государственном образовательном учреждении «Оренбургский государственный университет» (ГОУ ОГУ). Испытания проводились по методике установленной ОСТ 37.001.054-86, унифицированной с правилами ЕЭК ООН R 15/05. Испытания автомобилей марки ВАЗ 21102 проводились в лаборатории токсичности отдела топливной аппаратуры и токсичности АО «АВТОВАЗ». Для получения достоверного результата из серийного производства были отобраны по шесть представителей вышеуказанных марок автомобилей.

Относительная ошибка измерений колеблется в следующих пределах.
Для автомобиля ВАЗ 21043/53/07:

- 8,0 % для оксидов азота; - 10 % для оксида углерода; - 6,5 % для углеводородов;

Для автомобиля ВАЗ 2106:

- 9,0 % для оксидов азота; - 11 % для оксида углерода; - 5,0 % для углеводородов;

Для автомобиля ВАЗ 21083/093/099:

- 16 % для оксидов азота; - 24 % для оксида углерода; - 20 % для углеводородов;

Для автомобиля ВАЗ 2120:

- 8 % для оксидов азота; - 8 % для оксида углерода; - 8 % для углеводородов;

Для автомобиля ВАЗ 21102:

- 17 % для оксидов азота; - 15 % для оксида углерода; - 16 % для углеводородов.

Результаты замеров количества выбросов примесей с отработавшими газами автомобилей ВАЗ по мере увеличения наработки (пробега) могут быть представлены в следующем виде.

Таблица 3.17 - Влияние величины пробега на результаты замеров количества выбросов примесей в ОГ для автомобилей разных марок

Границы интервалов, тыс. км	Пробег, тыс. км	Количество выбросов ВВ автомобилем с разным пробегом							
		СО		СН		МОх		Итого	
		г/исп	%	г/исп	%	г/исп	%	г/исп	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Новый	0,2	58	76	10	13	8	11	76	100
1,1-1,3	1,2	71	83	10	12	5	5	86	100
4,5-5,5	4,7	47	80	8	14	4	6	59	100
6,8-8,2	6,4	46	78	9	15	4	7	59	100
9-11	10,4	50	77	10	15	5	8	65	100
36-44	42,5	64	67	13	14	19	19	96	100
72-88	83,5	108	62	41	24	24	14	173	100
Автомобили ВАЗ 2106									
Новый	0,3	44	73	10	16	7	11	60	100

2,5-3,5	3,0	38	74	8	16	6	11	52	100
5,5-6,5	6,1	57	76	10	13	8	11	76	100
36-44	41,2	54	63	13	15	19	22	85	100
72-88	82,1	89	60	34	23	26	17	148	100
АВТОМОБИЛИ ВАЗ 21083/093/099									
Новый	0,15	55	83	5	8	6	9	66	100
2,5-3,5	3,1	33	76	5	11	6	13	44	100
4,5-5,5	4,9	50	83	4	8	6	9	60	100
27-33	31	26	70	5	14	6	16	37	100

Продолжение таблицы 3.17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
72-88	81,3	149	85	12	7	13	8	174	100
Автомобили ВАЗ 2120									
Новый	0,2	60	75	12	15	8	10	79	100
2,5-3,5	3,2	63	77	11	14	7	9	81	100
6,8-8,2	7,1	74	76	12	13	10	11	97	100
27-33	32,0	52	70	11	15	11	15	74	100
45-55	52,8	75	75	16	16	9	9	100	100
55-66	63,3	62	72	10	11	14	16	85	100
72-88	88,0	57	68	13	15	14	16	83	100
Автомобили ВАЗ 21102									
Новый	0,1	0,310	76	0,07	17	0,030	7	0,410	100
2,5-3,5	2,5	0,600	82	0,09	12	0,040	6	0,730	100
5,5-6,5	6,0	0,780	85	0,07	8	0,050	5	0,920	100
14-16	16,9	0,710	88	0,07	9	0,030	3	0,810	100
27-33	30,7	1,680	91	0,12	7	0,040	2	1,840	100
36-44	40,1	1,320	87	0,15	10	0,040	3	1,510	100
45-55	51,0	1,010	85	0,12	10	0,060	5	1,190	100
55-66	62,5	0,980	85	0,11	10	0,060	5	1,150	100
72-88	83,2	1,020	84	0,12	10	0,080	6	1,220	100

Полученные экспериментальные данные позволяют утверждать, что массовая доля монооксида углерода в ОГ всех автомобилей является наибольшей (до 31 %). Затем в ряду располагаются углеводороды (до 22 %) и, на последнем месте - оксиды азота (до 20 %).

Для автомобиля ВАЗ 2106 доля монооксида углерода составляет от 59,9 до 75,8 %, углеводородов - от 13,2 до 22,8 %, а оксидов азота - от 10,8 до 22 % по массе. Процентное содержание монооксида углерода с увеличением пробега автомобиля ВАЗ 2106 сначала несколько возрастает (с 73,4 до 75,8 %), а затем снижается (с 75,8 до 59,9 %). Содержание углеводородов наоборот, сначала снижается (с 15,7 до 13,2 % по массе), затем возрастает (до 22,8 %). Содержание оксидов азота, так же как и оксида углерода сначала возрастает (с 10,9 до 22 %), а затем несколько снижается (до 17,3 % по массе относительно общего объёма выбросов). При этом, следует отметить, что общее количество выбросов существенно возрастает (примерно в 2,45 раза) к пробегу 80 000 км.

Анализ влияния пробега на количество выбросов отдельных примесей с ОГ для описанных автомобилей позволяет с уверенностью утверждать лишь то, что с увеличением пробега автомобиль становится экологически более опасным. Так как вышеописанные вещества имеют различную токсичность и относятся к разным классам опасности, а их доля в общем объёме выбросов то увеличивается, то уменьшается. То есть складывается довольно противоречивая картина в выборе приоритетов. Используя принятую систему оценок, невозможно однозначно ответить на следующие вопросы: Какая примесь является приоритетной? На сколько автомобиль становится более опасным? Как интенсивно происходит снижение его экологической безопасности? Следовательно, анализ экологической безопасности автомобиля по количеству выбросов не даёт полного представления о ней, так как этот показатель является технологическим и не учитывает токсичности и класса опасности химически опасных веществ. То есть возникает необходимость в интегральной оценке ВВ в ОГ.

Для интегральной оценки опасности ВВ в ОГ любого автомобиля следует использовать категорию опасности автомобиля, которая интегрирует в себе

одновременно количество выбросов всех примесей, содержащихся в отработавших газах, а также их классы опасности и токсичность.

Далее, по предлагаемой методике (подраздел 3.2) должно быть рассчитано влияние пробега на категории опасности веществ, входящих в состав ОГ автомобилей и категории опасности этих автомобилей (таблица 3.18).

Таблица 3.18 - Влияние пробега на категорию опасности вещества и автомобилей ВАЗ разных марок

Пробег км	Категория опасности вещества						Категория опасности автомобиля	
	СО		СН		NO _x			
	м ³ /с	%	м ³ /с	%	м ³ /с	%	м ³ /с	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Автомобиль ВАЗ 21043/53/07								
7500	10	6	5	4	140	90	155	100
10000	10	5	5	3	180	92	195	100
20000	10	3	10	3	370	94	390	100
30000	10	2	10	2	590	96	610	100
40000	15	2	10	1	830	97	855	100
50000	15	2	10	1	890	97	915	100
60000	15	2	10	1	950	97	975	100
70000	20	2	15	1	1000	97	1035	100
80000	20	2	15	1	1060	97	1095	100
Автомобиль ВАЗ 2106								
0	9,0	4,3	4,3	2,1	195,0	93,6	208,0	100
10000	9,6	3,9	4,2	1,7	234,0	94,4	248,0	100
20000	10,2	3,3	4,5	1,4	298,0	95,3	313,0	100
30000	11,1	2,4	5,0	1,1	440,0	96,5	456,0	100
40000	12,0	1,6	6,0	0,8	751,0	97,6	769,0	100
50000	12,9	1,4	7,9	0,9	863,0	97,7	884,0	100
60000	13,9	1,4	9,6	1,0	947,0	97,6	971,0	100

70000	14,9	1,4	11,4	1,1	1046,0	97,5	1072,0	100
80000	15,8	1,4	13,2	1,1	1134,0	97,5	1163,0	100
Автомобиль ВАЗ 21083/093/099								
0	10,4	4,7	2,6	1,2	209,0	94,1	222,0	100
10000	8,1	3,7	2,6	1,2	209,0	95,1	220,0	100
30000	6,9	3,2	2,6	1,2	209,0	95,6	218,0	100

Продолжение таблицы 3.18

1	2	3	4	5	6	7	8	9
40000	6,1	2,8	2,7	1,2	209,0	96,0	217,0	100
50000	5,3	2,5	2,7	1,2	209,0	96,3	217,0	100
60000	4,5	2,1	2,7	1,3	209,0	96,6	216,0	100
70000	13,7	4,2	3,5	1,1	313,0	94,7	330,0	100
80000	22,3	4,8	4,4	1,0	435,0	94,2	462,0	100
АВТОМОБИЛЬ ВАЗ 2120								
0	12,3	4,3	5,4	1,9	268,0	93,8	284,0	100
10000	13,6	4,0	5,4	1,6	319,0	94,4	338,0	100
20000	12,7	3,3	5,4	1,4	372,0	95,3	390,0	100
30000	11,9	3,0	5,4	1,3	391,0	95,7	408,0	100
40000	12,7	3,1	5,7	1,4	390,0	95,5	408,0	100
50000	13,9	3,5	6,3	1,6	378,0	94,9	398,0	100
60000	13,9	2,9	5,5	1,1	466,0	96,0	485,0	100
70000	13,3	2,5	4,9	0,9	523,0	96,6	542,0	100
80000	13,0	2,4	5,1	0,9	523,0	96,7	541,0	100
Автомобиль ВАЗ 21102								
7500	1,9	20	0,5	7	6,9	73	9,4	100
10000	2,0	22	0,5	4	6,8	74	9,2	100
20000	2,6	28	0,6	7	6,1	65	9,3	100
30000	3,7	33	0,7	6	6,8	61	11,1	100
40000	3,4	29	0,8	7	7,6	64	11,8	100
50000	3,1	24	0,8	5	9,2	71	13,0	100

60000	2,8	20	0,7	5	10,4	75	13,8	100
70000	2,5	16	0,7	4	12,1	80	15,2	100
80000	2,5	15	0,7	4	13,3	81	16,4	100

Из данных таблицы 3.18 следует, что категории опасности автомобилей разных марок находятся в зависимости от пробега и описываются следующими функциями

Для автомобилей ВАЗ 21043/53/07 и ВАЗ2106:

$$KOA = -285 + 5,12 \cdot L^{0.5}, \quad (3.15)$$

Для автомобилей ВАЗ 21083/093/099:

$$KOA = 247 - 4.2 \cdot L + 0.08 \cdot L^2, \quad (3.16)$$

Для автомобилей ВАЗ 2120:

$$KOA = 310 + 2.86 \cdot L, \quad (3.17)$$

Для автомобилей ВАЗ 21102:

$$KOA = 7.7 + 0.11 \cdot L, \quad (3.18)$$

Проанализировав интегральные показатели экологической безопасности представленных автомобилей по примесям (КОВ), (таблица 3/8), с уверенностью следует утверждать:

1) монооксид углерода не является приоритетной примесью в ОГ автомобилей ВАЗ. Его вклад в интегральный показатель автомобилей ВАЗ 21043/53/07 и ВАЗ 2106 не превышает 4 – 6 %, автомобилей ВАЗ 21083/93/99 не более 5 %, ВАЗ 2120 - 4,3 %, а ВАЗ 21102 не более 33 %;

2) опасность углеводородных соединений в ОГ всех автомобилей следует признать не значимой, так как она не превышает 5 - 7 % от КОА;

3) самой опасной примесью в ОГ следует считать оксид азота. КОВ оксидов азота в ОГ автомобилей ВАЗ 21043/53/07 и ВАЗ 2106 колеблется в пределах 90 - 97 %, а количество по массе не превышает 17 %. В ОГ автомобилей ВАЗ 21083/93/99 категория опасности оксидов азота составляет 94,1 - 96,6 %, а количество по массе не превышает 20,3 %. Категория опасности оксидов азота в ОГ автомобилей ВАЗ 2120 составляет 93,8 - 96,7 %, хотя по массе не превы-

шает 16,5 %. А в ОГ автомобилей ВАЗ 21102 категория опасности оксидов азота колеблется в пределах от 61 до 81 %, когда количество по массе не превышает 7 %;

4) экологическая опасность автомобилей ВАЗ с увеличением пробега до $80 \cdot 10^3$ км возрастает по разным законам. У автомобилей ВАЗ 21043/53/07 и ВАЗ 2106 увеличивается более чем в семь раз. У автомобилей ВАЗ 21083/93/99 возрастает более чем в два раза. Экологическая опасность автомобилей ВАЗ 2120 возрастает в 1,9 раза, а автомобиля ВАЗ 21102 в 1,7 раза.

Но категория опасности не даёт ответа на главные вопросы. На сколько опасен автомобиль? Как всё это соотносится с действующими нормами на выбросы ВВ от автомобилей данного класса? Каков уровень технического совершенства этого автомобиля с позиции экологической безопасности?

Поэтому возникает необходимость в сравнительной оценке экологической безопасности автомобиля, что возможно лишь в сравнении с нормами ЕВРО, соответствующего класса автомобилей. Сравнительная оценка экологической безопасности автомобиля должна быть проведена с помощью критерия экологической безопасности автомобиля, который определяется по формуле (3.14). Теперь, для описанных автомобилей (таблицы 3.17-3.18); можно получить как критериальную характеристику уровня их экологической безопасности, так и словесное описание их технического состояния (таблица 3.4).

Изменения уровней экологической безопасности указанных автомобилей представлены на рис. 3.3 и могут быть описаны функциями разных видов:

Для автомобиля ВАЗ 21043/53/07 и автомобиля ВАЗ 2106:

$$K_a = -10,6 + 0,19 \cdot L^{0.5}, \quad (3.19)$$

Для автомобиля ВАЗ 21083/093/099:

$$K_a = 9.3 - 0.17 \cdot L + 0.003 \cdot L^2, \quad (3.20)$$

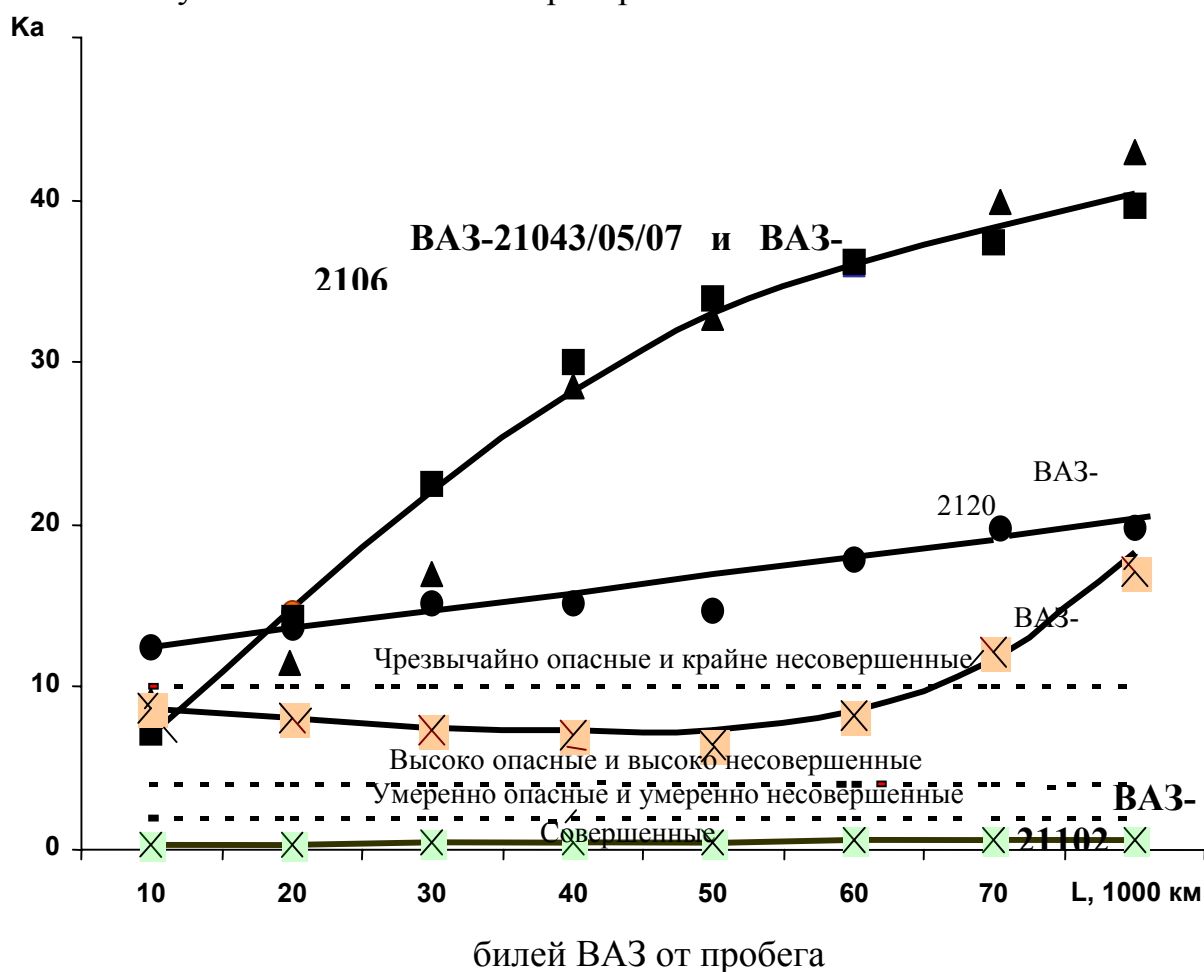
Для автомобиля ВАЗ 2120:

$$K_a = 10 + 0.11 \cdot L, \quad (3.21)$$

Для автомобиля ВАЗ 21102:

$$K_a = 0,28 + 0,94 \cdot 10^{-6} \cdot L, \quad (3.22)$$

Рисунок 3.2 Зависимость критерия экологической безопасности автомо-



Итак, проведённый расчёт позволяет судить об изменении уровней экологической безопасности и технического совершенства автомобилей ВАЗ, в процессе их эксплуатации. Наиболее экологически чистым, из представленных автомобилей, следует считать автомобиль ВАЗ 21102. По уровню экологической безопасности он относится к не опасным источникам выбросов в атмосферу ($K_a \leq L$) и является с экологических позиций совершенным техническим ре-

шением. По мере увеличения пробега наблюдается равномерный рост уровня его экологической опасности, и к пробегу в 80 000 км он увеличивается лишь в два раза. Но даже с пробегом в 80000 км этот автомобиль относится к неопасным источникам выбросов в атмосферу ($K_a \leq L$). Такие высокие результаты достигнуты, в основном, благодаря безотказной работе системы снижения токсичности ЕВРО-III. Поэтому поддержание работоспособности системы снижения токсичности является сегодня актуальной задачей, стоящей перед инженерами отрасли, работающими над проблемой снижения токсичности ОГ.

Новый автомобиль ВАЗ 21083/093/099 по уровню экологической безопасности относится к высоко опасным источникам выбросов в атмосферу ($4 < K_a < 10$) и классифицироваться как высоко несовершенная конструкция.

По мере увеличения пробега наблюдается некоторое снижение уровня экологической опасности (пробег 50000 км), а затем его интенсивный рост по степенному закону. После пробега автомобиля 63000 - 68000 км этот автомобиль становится крайне несовершенным с экологических позиций и его следует относить уже к чрезвычайно опасным ($K_a > 10$) источникам выбросов в атмосферу. К пробегу в 80000 км уровень экологической опасности такого автомобиля увеличивается более чем в два раза и превышает нормативные выбросы более чем в 17 раз. Такое повышение экологической опасности автомобилей ВАЗ 21083/93/99 напрямую связано с их техническим состоянием. Поэтому, принятие мер по поддержанию автомобилей в исправном техническом состоянии позволит снизить их негативное воздействие на воздушный бассейн.

Новый автомобиль ВАЗ 2120 уже сразу следует относить к чрезвычайно опасным источникам выбросов в атмосферу ($K_a > 10$) а уровень его технического совершенства с позиции экологической безопасности определять как крайне несовершенный. Таким образом, никакие мероприятия по поддержанию этого автомобиля в технически исправном состоянии не помогут сделать этот автомобиль не опасным ($K_a < 1$) источником выбросов. В процессе эксплуатации такого автомобиля наблюдается равномерное ухудшение уровня его технического состояния и экологической опасности. К пробегу в 80 000 км уровень экологи-

ческой опасности увеличивается почти в два раза и превышает нормативы на выбросы в 20 раз.

Автомобили ВАЗ 21043/53/07 и ВАЗ 2106 по уровню экологической безопасности относятся к высоко опасным источникам выбросов в атмосферу ($K_a \geq 6$) и являются высоко несовершенными техническими решениями по ДВС с позиции экологической безопасности. Такие автомобили невозможно сделать экологически менее опасным ($K_a < 6$), только путём своевременного технического обслуживания и корректировки регулировок. Здесь необходимо принятие мер, связанных или с изменением конструкции автомобилей или использованием специального оборудования по снижению токсичности ОГ.

В процессе эксплуатации автомобилей ВАЗ 21043/53/07 и ВАЗ 2106 уровень их экологической опасности повышается, а после пробега примерно в 12 000 -13 000 км такие автомобили становятся с экологических позиций крайне несовершенными и их следует относить уже к чрезвычайно опасным источникам выбросов в атмосферный воздух ($K_a > 10$). Дальнейшая эксплуатация этих автомобиля не должна разрешаться. К моменту прохождения автомобилем 80 000 км, уровень их экологической опасности, оцененный по критерию, повышается более чем в семь раз и превышает действующие нормы ЕВРО IV более чем в 43 раза.

Очевидно, что такое повышение экологической опасности автомобилей ВАЗ 21043/53/07 и ВАЗ 2106 напрямую связано с их техническим состоянием, а принятие мер по поддержанию автомобилей в исправном техническом состоянии позволит лишь несколько снизить их негативное воздействие на окружающую среду, но не решит проблему в целом.