

УДК 629.3.027.5: 504.61: 628.5

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА СОСТАВ И КОНЦЕНТРАЦИИ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПРОДУКТАХ ИЗНАШИВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН

Хвалёв П.В.

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», e-mail: 95xvaley@mail.ru

Предложено при оценке выбросов от автотранспортного потока учитывать вредные вещества из продуктов изнашивания автомобильных шин. Показано, что основными продуктами изнашивания являются твердые высокодисперсные частицы, бенз(а)пирен, N-нитрозамины и их производные, обладающие канцерогенным эффектом. Проведен подробный анализ факторов, влияющих на изнашивание автомобильных шин, и их систематизация с применением диаграммы Исикавы. Установлено, что основными факторами, влияющими на выбросы вредных веществ в продуктах изнашивания автомобильных шин являются состав материала покрышек, погодные условия, состояние дорожного покрытия, а также стиль вождения. Контроль экологических показателей автомобильных шин предложено проводить не только по массе вредных веществ, но и по концентрациям токсичных химических соединений, продуктов деструкции каучуков в продуктах изнашивания автомобильных шин.

Ключевые слова: автомобильные шины, изнашивание, вредные вещества, автотранспортные потоки, загрязнение приземного слоя атмосферы, экологическая безопасность

ANALYSIS OF FACTORS INFLUENCING THE COMPOSITION AND CONCENTRATION OF EMISSIONS OF HARMFUL SUBSTANCES IN THE PRODUCTS OF WRAPPING TIRES

Khvalev P.V.

Orenburg State University, e-mail: 95xvaley@mail.ru

It was suggested to take into account harmful substances from products of wear of automobile tires when estimating emissions from a motor traffic flow. It is shown that the main products of wear are solid highly dispersed particles, benz(a)pyrene, N-nitrosamines and their derivatives that have a cancerogenic effect. A detailed analysis of factors affecting the wear of car tires and their systematization using the Ishikawa diagram was carried out. It has been established that the main factors influencing the emissions of harmful substances in tire wear products are the composition of the tire material, the weather conditions, the condition of the road surface, and the driving style. It is suggested to monitor the environmental performance of automobile tires not only by the mass of harmful substances, but also by the concentrations of toxic chemical compounds, rubber products of rubbers in products of wear of automobile tires.

Keywords: automobile tires, wear, harmful substances, Motor transport streams, pollution of the surface layer of the atmosphere, ecological safety

По данным Международного агентства по изучению рака (МАИР – специализированное подразделение Всемирной организации здравоохранения) основным источником канцерогенной опасности для человека сейчас выступает загрязненный окружающий воздух. По последним данным этой организации 223000 случаев смерти от рака легких, зарегистрированных в 2010 году в мире, вызваны именно загрязнением воздуха.

Анализ литературы [1, 2, 3, 5, 8] показал, что именно продукты истирания автомобильных шин, в частности бенз(а)пирен и N-нитрозамин, наряду с отработавшими газами вносят значительный вклад в выделения вредных веществ (ВВ), формирующихся в придорожной полосе. Причём истертая в мелкую пыль резина автомобильных шин обеспечивает от 39 до 57 % этих токсичных веществ (рисунок 1). За рубежом работы по уменьшению негативных воздействий шин

на окружающую среду и человека ведутся в соответствии с Международными экологическими стандартами серии ISO 14000.

Содержание образовавшейся шинной пыли, появляющейся в пятне контакта шины с дорогой при движении автомобиля, определяется не только конструкцией автомобильных шин. Масса шинной пыли зависит от большего количества факторов, таких как: свойства материала покрышек, состояние покрышек и дорожного покрытия, срок службы покрышек, погодные условия и даже стиль (характер) вождения. Образование полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в автомобильных шинах обусловлено использованием при производстве резины газовой сажи, которая формирует резине стойкость к истиранию.

По имеющимся оценкам, на каждые 100 г стертых шин приходится до 1,2 мг бенз(а)пирена [4]. Истирание шин при экс-

платуации одного автомобиля в течение года приводит к выделению в атмосферу 200 г масел, а от всего автомобильного парка РФ – до 9000 тонн. Опасность заключается в том, что до сих пор содержание компонентов токсичного действия не регулируется нормативно.

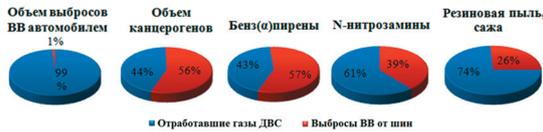


Рис. 1. Процентные соотношения выбросов ВВ от отработавших газов и в продуктах изнашивания шин [3]

Из теории управления качеством известно, что разработке результативных и эффективных мероприятий должен способствовать тщательный анализ и систематизация факторов, влияющих на проблему. Поэтому нами проведен подробный анализ факторов, непосредственно влияющих на интенсивность изнашивания покрышек. Применение инструментов качества (диаграммы Иссикава) позволило систематизировать факторы и разработать причинно-следственную диаграмму (рисунок 2).

Состав автомобильных шин является одним из основных факторов, влияющих на интенсивность изнашивания и состав ВВ в продуктах изнашивания. При производстве покрышек применяют сложную комбинацию каучуков (бутадиенстирольный и натуральный каучуки, полибутадиен и т.д.), но

точный состав материала покрышек в целях сохранения коммерческой тайны обычно производителем не указывается. В целях получения желаемых свойств, а также необходимых эксплуатационных характеристик при производстве шин также добавляются металлические или органические присадки. Как следствие этого при эксплуатационном изнашивании шин в окружающую среду поступают соединения тяжелых металлов (таблица 1). При разложении материала покрышек шин в их составе обнаружены Zn, Na, Ca, K, Al, Fe, Cu, Pb, Mg, Ba, Mr, Ni, Cr, Co, Cd, Mo [1]. При этом источником этих металлических частиц могут быть не только автомобильные шины, но и продукты изнашивания тормозной системы, дорожного покрытия, отработавших газов. Однако вклад каждого из перечисленных источников выбросов затруднителен. Этот вопрос представляет собой предмет отдельного исследования.

Погодные условия и состояние дорожного покрытия также могут влиять на срок службы покрышки. Влажное дорожное покрытие способствует снижению трения и, следовательно, можно предположить, что вместе с этим сокращается и интенсивность изнашивания. А длительное движение по трассе с высокой скоростью, в летний период, приводит не только к повышенному изнашиванию протектора, но и может привести к расслоению внутренней структуры шины, ее прочность снижается до 40% [7].

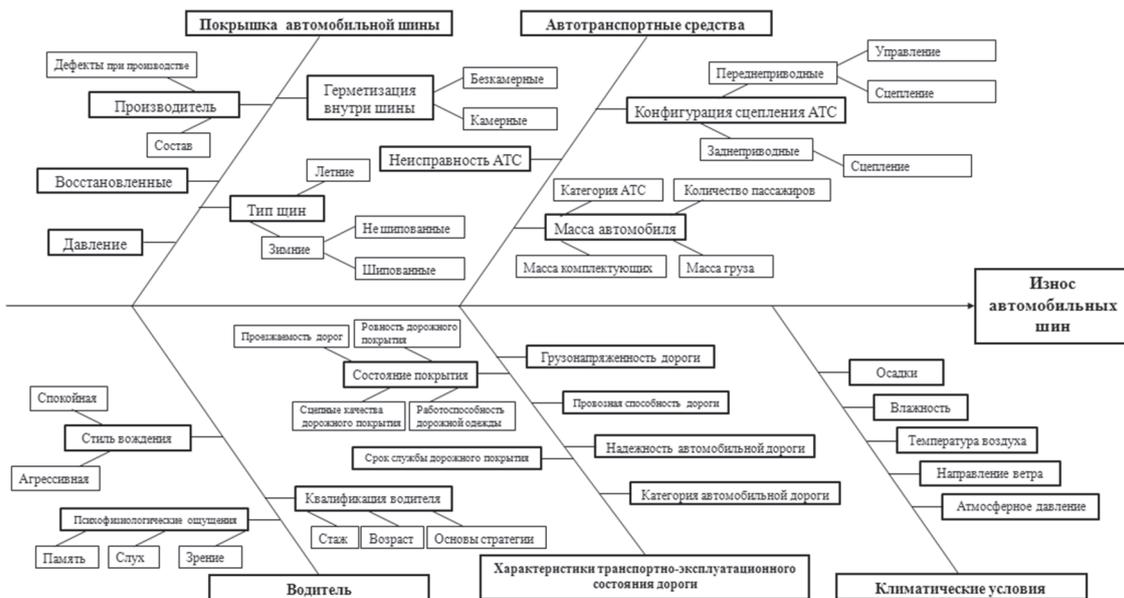


Рис. 2. Причинно-следственная диаграмма основных факторов, влияющих на изнашивание автомобильных шин

Таблица 1

Кратность превышения ПДК металлов в пробах атмосферного воздуха (отобранных вдоль автомобильной дороги)

Вещество	ПДК, мг/м ³	Кратность превышения ПДК (С/ПДК) при интенсивности движения транспорта, авт./ч	
		1500 – 2000	2500 – 3000
Медь	0,5	0,75 ± 0,02	0,92 ± 0,05
Свинец	0,05	1,29 ± 0,24	1,84 ± 0,27
Кадмий	0,01	<	0,020 ± 0,003
Никель	0,05	1,02 ± 0,14	1,60 ± 0,31
Хром	0,01	1,10 ± 0,09	1,140 ± 0,095
Кобальт	0,01	1,50 ± 0,34	1,83 ± 0,39
Цинк	0,01	3,60 ± 0,86	4,65 ± 0,94
Железо	10,0	3,50 ± 0,47	4,26 ± 0,52

Изнашивание современной автомобильной бескамерной шины зависит от высоты и вида рисунка протектора. Пробег рассматриваемых шин за время эксплуатации составляет 80-100 тыс. км. За такой пробег у шины полностью изнашивается рисунок протектора. У современных автомобильных шин высота рисунка протектора с дорожным рисунком равна 7,0-9,0 мм.

Для удобства определения факта достижения предельного изнашивания рисунка протектора производители шин ввели в конструкцию шины индикаторы изнашивания TWI (Tread wear indicator). Во всех странах, относящихся к Европейскому сообществу (ЕЭС) и в Российской Федерации требуется, чтобы остаточная высота рисунка протектора шин для легковых автомобилей была равна не менее 1,6 мм из условий безопасности дорожного движения по критерию устойчивости и управляемости [1].

При неправильном давлении характер формы и деформации автомобильной шины значительно изменяется, пятно контакта уменьшается, эффективность работы покрышки снижается. Увеличение амплитуды деформации в покрышке приводит к усиленному теплообразованию, что ведет к перегреву и преждевременному изнашиванию шин. В самых неблагоприятных условиях с такой шиной на большой скорости может произойти полное разрушение. Если давление в шине на 10-20 % меньше номинального, то это может способствовать быстрому изнашиванию резины (как минимум на 20%).

Коэффициенты изнашивания покрышек для транспортных средств большой грузоподъемности значительно превышают аналогичные коэффициенты для транспортных средств малой грузоподъемности. В работе

[7, С. 7 (по данным Legret и Pagotto)] было сделано предположение о том, что коэффициент изнашивания для покрышек транспортных средств большой грузоподъемности (при 136 мг/маш.-км) в 2 раза превышает коэффициент изнашивания для покрышек транспортных средств малой грузоподъемности. В работе [7, С. 7 (по данным Baumann и Ismeier)] приводятся коэффициенты изнашивания для транспортных средств большой грузоподъемности, автомобилей с прицепом и автобусов, составляющие 189 мг/маш.-км, 234 маш.-км и 192 мг/маш.-км соответственно. В работе компании «SENCO» упоминается следующий коэффициент изнашивания для транспортных средств большой грузоподъемности: 1403 мг/маш.-км. Эти данные сопоставимы с результатами Азарова В.К., который определил усредненную интенсивность изнашивания протектора исследуемых шин на 1 км пробега (таблица 2). Согласно данным Руководства ЕМЕП/ЕАОС по инвентаризации выбросов [7] суммарное количество материала, изношенного на протяжении срока службы покрышки, варьируется в зависимости от конкретного транспортного средства, и может составлять: от нескольких сот грамм для двухколесных транспортных средств; 1-1,5 кг для легковых автомобилей; до 10 кг для грузовика или автобуса. Причём основные объемы выбросов твердых частиц в воздухе образуются в зоне контакта ведущего колеса с дорожным покрытием и находятся в диапазоне размеров от 0 до 1 мкм (рисунок 4) [1]. Например, изнашивание передних покрышек на переднеприводном автомобиле составил от 69 % до 85 % общего изнашивания покрышек транспортного средства [7, С. 5 (по данным Luhana)].

Таблица 2

Интенсивность изнашивания протекторов шин для различных категорий АТС

Тип шины	Марка автомобиля	Масса изнашиваемой части протектора одной шины, кг	Среднестатистический пробег шины, тыс. км	Интенсивность изнашивания комплекта шин, г/км
175/70R13 БЛ-85	ВАЗ-2104-2109	1,43	40	0,13
195/65R15 Кама	ГАЗ-3110	1,86	50	
205/60R15 И-327	ГАЗ-3105	1,87	50	
215/85R15С И-502	УАЗ	4,01	65	0,32
195R16С ЮЛДУЗ	ГАЗ-3302	3,21	75	
215/80R16С И-289	УАЗ	3,74	65	
225/60R16 КАМА-106	ГАЗ-3302	3,53	75	
8,25R20 И-397	ПАЗ-3205	8,1	80	1,5
10.00R20 И-309	ЛиАЗ-677М	14,28	80	
11.00R20 И-111АМ	Автобусы Икарус	15,72	80	
12.00R20 И-368	МАЗ-6422, 54422	17,70	80	
315/70R22,5 И-393	Автобусы Икарус	15,94	80	
10R22,5 ИНК-362	КАМАЗ-5326	12,61	80	

Стиль и условия вождения также являются одними из общепризнанных факторов, оказывающих воздействие на изнашивание покрышек. Когда динамические характеристики вождения (движение на повороте, торможение, ускорение) увеличиваются, скольжение также увеличивается в результате работы больших сил, образующихся на границе контакта покрышки с поверхностью, что может привести к дополнительному изнашиванию как покрышки, так и дорожного покрытия. Даже в том случае, если транспортное средство передвигается с постоянной скоростью, постоянно происходит микроскольжение покрышки по дорожному покрытию – эффект, который обеспечивает сцепление с дорогой [7]. Анализ

официальных данных [6] из цитируемых исследований показал, что агрессивный стиль вождения приводит к более быстрому и неравномерному изнашиванию покрышек, по сравнению с более осторожным вождением. На рисунке 5 представлены усредненные автором статьи данные коэффициентов изнашивания автомобильных шин транспортных средств, приведённые в открытых источниках информации [6, 7].

Таким образом, можно констатировать, что изнашиванию автомобильных шин может способствовать большое число факторов.

Одним из современных перспективных направлений экологической безопасности автотранспортных потоков является повышение «экологичности» шин или продуктов

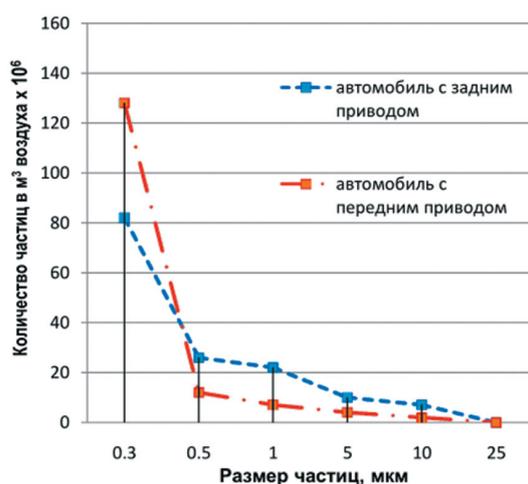


Рис. 4. Содержание твердых частиц в воздухе при движении автомобиля в зоне контакта ведущего колеса с дорожным покрытием [1]

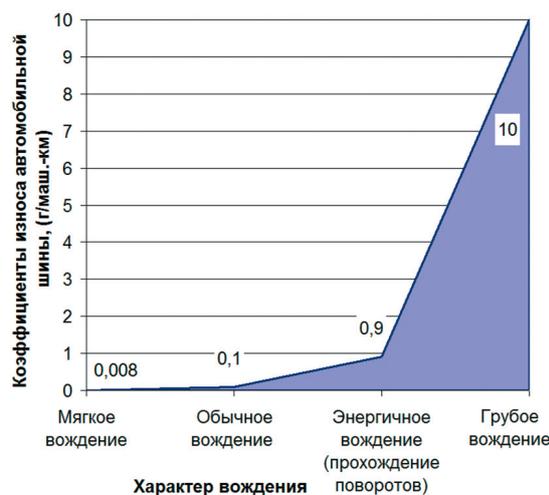


Рис. 5. Усредненные коэффициенты изнашивания автомобильных шин транспортных средств в зависимости от стиля вождения

их изнашивания путем уменьшения токсичных компонентов, входящих в состав шины. Однако выпуску экологически безопасных шин должно предшествовать нормирование экологических показателей. Многие зарубежные страны, такие как Англия, Германия, Голландия, Дания, Канада, США, Швейцария уже ввели национальные нормы содержания канцерогенных веществ в резиновых изделиях. С учетом перспективы введения этих стандартов на территории России очевидна актуальность экологических испытаний и экологической сертификации шин, эксплуатируемых в черте мегаполисов России, тем более что выделения летучих химических веществ из отечественных шин в 3-4 раза выше, чем у европейских аналогов. Поэтому особое внимание следует уделять проблеме оценки и повышения экологической безопасности шин, поступающих на комплектацию автомобилей, в торговую сеть и шин, находящихся в эксплуатации. Причём контроль экологических показателей автомобильных шин необходим не только по массе ВВ в продуктах изнашивания (г/км), но и по концентрациям токсичных химических соединений, продуктов деструкции каучуков бенз(α)пирена, N-нитрозамина и их производных, обладающих канцерогенным эффектом.

Разработке мероприятий по снижению массы выбросов ВВ в продуктах изнашивания автомобильных шин должен предшествовать тщательный анализ факторов, влияющих на изнашивание, который мы рекомендуем проводить с применением инструментов управления качеством.

Оценка значимости влияющих на изнашивание автомобильных шин факторов должна проводиться согласованной группой

экспертов с учётом предлагаемых экологических показателей. Для повышения объективности оценки экологической безопасности автомобильных шин требуется разработка методик измерения концентраций бенз(α)пирена, N-нитрозамина в продуктах их изнашивания.

Список литературы

- 1 Азаров, В.К. Разработка комплексной методики исследований и оценки экологической безопасности и энергоэффективности автомобилей: дисс. ... кандидат техн. наук: 05.05.03. / В.К. Азаров. – Москва: НИИ автомоб. и автототтор. Ин-т «НАМИ», 2014. – 137 с.
- 2 Вольнов, А.С. О системном подходе к оценке влияния автотранспортных средств в процессе эксплуатации на экологию городов / А.С. Вольнов, Л.Н. Третьяк // Вестник Оренб. Гос. Ун-та. – 2014. – №1. – С. 161–166.
- 3 Воздействие шин на окружающую среду и человека [Электронный ресурс]. Москва: ФПГ «НЕФТЕХИМ-ПРОМ». – Режим доступа: <http://refer.in.ua/major/233/49088/> – 05.05.2017.
- 4 Комплексный подход в оценке экологического влияния на окружающую среду транспортно-дорожного комплекса [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ea.donntu.org:8080/jspui/bitstream/123456789/25197/1/07vasechkin.pdf> – 05.05.2017.
- 5 Леванчук, А. В. Гигиеническая характеристика воздушной среды в зоне влияния дорожно-автомобильного комплекса [Электронный ресурс]. / А. В. Леванчук // Журнал «Медицина и образование в Сибири». – Режим доступа: http://ngmu.ru/cozo/mos/article/text_full.php?id=1627. – 05.05.2017.
- 6 О выбросе твердых частиц автомобильными шинами [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.unec.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2013/wp29grpe/GRPE-65-20r.pdf> – 06.05.2017.
- 7 Руководство ЕМЕП/ЕАОС по инвентаризации выбросов 2013. Общие руководящие указания по подготовке национальных инвентаризаций выбросов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013>. – 05.12.2016.
- 8 Третьяк, Л.Н. Новые подходы по совершенствованию методов экологического мониторинга автотранспортных потоков / Л.Н. Третьяк, Е.В. Бондаренко, А.С. Вольнов // Информационные технологии и инновации на транспорте: материалы международной научно-практической конференции. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», 2015. – С. 224-233.