

ВЫРАБОТКА ТРЕБОВАНИЙ К ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОСМОТРА

И.К. Шаша, профессор, д.т.н., О.В. Концялов, ст. преподаватель, Харьковский национальный университет внутренних дел, Л.И. Шаша, доцент, Национальный технический университет «ХПИ»

***Аннотация.** Выполнен анализ действующей системы допуска транспортных машин (ТМ) к дорожному движению по результатам государственного технического осмотра. Определен состав эксплуатационных свойств, оценивающих их безопасность. Предложена вероятностная оценка риска возникновения опасных неисправностей, связанных с техническим состоянием ТМ и являющихся причиной возникновения дорожно-транспортных происшествий. Сформулирован перечень первоочередных мероприятий по обеспечению защищенности ТМ от опасных неисправностей.*

***Ключевые слова:** транспортные машины (ТМ), эксплуатационная безопасность, дорожно-транспортное происшествие (ДТП), неисправности ТМ, риск, экономический ущерб, государственный технический осмотр.*

Введение

По мнению многих исследователей, основные усилия по обеспечению защиты транспортных машин (ТМ) от опасных неисправностей, влияющих на рост аварийности в стране, являются прерогативой сферы эксплуатации. Достижению цели изъятия ТМ с опасными неисправностями из дорожного движения служит система допуска к дорожному движению при государственном техническом осмотре.

К конструкциям ТМ предъявляют как обязательные, так и необязательные требования, именуемые «конструкционными». Объектами предъявления этих требований служат параметры функционирования и эксплуатационных свойств составных частей ТМ, подверженных и не подверженных ухудшению в процессе эксплуатации.

К обязательным относятся только требования безопасности, предъявляемые к эксплуата-

ционным свойствам и параметрам функционирования составных частей ТС [1, 2, 3].

Цель и постановка задачи

Оценки, полученные по результатам предъявления обязательных конструкционных требований, характеризуют степень безопасности конструкций ТМ, адекватные только перед началом их эксплуатации. Методами подтверждения соответствия конструкций ТМ «конструкционным» требованиям безопасности служат полномасштабные испытания в условиях автомобильных полигонов [4], всесторонне регламентируемые нормативными документами конструкционного характера, и, прежде всего, правилами ЕЭК ООН.

Большинство эксплуатационных свойств, в том числе и характеризующих безопасность ТМ, значительно снижаются по мере выработки ресурса, а оценка конструкционной безопасности при эксплуатации уже не адекватна. Классическим составом эксплуатаци-

онных свойств [5, 6, 7] невозможно оценивать эксплуатационные изменения безопасности ТМ.

Интегральное свойство безопасности ТМ, объединяющее базовые свойства тормозной динамичности, управляемости, устойчивости [8, 9] и специфические свойства информативности, пассивной, послеаварийной, экологической безопасности [10, 11], целесообразно дополнить частным свойством защищенности от неисправностей, непосредственно влияющих на безопасность дорожного движения.

Свойство защищенности от этих неисправностей отражает совокупность частных свойств ТМ, обеспечивающих их определение, предупреждение развития и предотвращение катастрофических последствий. Эти свойства достигаются конструктивными мерами автомобилестроения и организационными мероприятиями эксплуатации автотранспорта.

Неисправности современных ТМ не приводят в обязательном порядке к ДТП. Среди причин ДТП наряду с неудовлетворительным техническим состоянием ТС почти всегда присутствуют и другие факторы. Но вероятность подобных ДТП существенно зависит от характера неисправности. До настоящего времени неисправности классифицировались в зависимости от их физической природы, причин и места возникновения, частоты, характера развития и технологий устранения.

Решение задачи

Отнесем к «опасным неисправностям» такие неисправности, которые признаны за установленный период времени причиной, по меньшей мере, одного ДТП, сопровождаемого ранением или гибелью человека. Такое определение согласуется с современным подходом к этому вопросу органов государственной власти. Только такие ДТП учитываются статистикой ГАИ и дорожной полиции ряда стран. Абсолютное большинство неисправностей, представляющих опасность ввиду повышения ими вероятности вовлечения ТМ в ДТП, лишь частично снижают базовые либо частные эксплуатационные свойства безопасности ТС. Подобное частичное снижение опасно только при сравнительно маловероятном стечении обстоятельств, ре-

жимов, условий дорожного движения и эксплуатации.

Целесообразно выделить из числа опасных неисправностей сравнительно небольшую группу особо опасных неисправностей. Наличие их значительно повышает вероятность вовлечения ТС в ДТП, или утяжеления их последствий. Именно особо опасные неисправности статистика чаще всего фиксирует в качестве главной причины ДТП. Из сказанного следует сделать важный вывод, что выявление таких неисправностей должно стать главным при проведении государственного технического осмотра ТМ.

Согласно статистическим данным, к особо опасным неисправностям относятся такие неисправности, как резкое снижение эффективности торможения, отрыв колеса, поломка рулевых тяг и разрушение их соединений, утечки тормозной жидкости, разрушение тормозных трубопроводов от ресиверов к тормозному крану и др.

Современный уровень развития автомобильной техники и экономическое положение ряда стран-изготовителей не позволяют обеспечить массовое производство транспортных средств, всесторонне защищенных от опасных неисправностей. В полной мере это относится и к ТМ, которые вне зависимости от их безотказности и конструктивной безопасности, пока не защищены от опасных неисправностей на всем периоде их эксплуатации.

В ТМ крайне ограничено число деталей гарантированной прочности, для которых изготовители обязаны обеспечить ресурс безотказной работы не менее декларируемого ими ресурса ТМ до капитального ремонта. Это немногие детали и узлы тормозного и рулевого управлений. К тому же изготовители часто не выполняют даже эти умеренные требования по перечню деталей и узлов гарантированной прочности.

В конструкциях ТМ, в большинстве эксплуатируемых в Украине, остается ничтожно малым число резервируемых элементов. В лучшем случае, обеспечиваются лишь деление тормозного привода на контуры, «параллельность включения» усилителя рулевого управления и конструктивно независимых тормозных систем и т.п. Управление боль-

шинства ТМ пока не автоматизировано и поэтому использование резервных функций и систем в моменты проявления наиболее опасных неисправностей целиком и полностью зависит от мастерства и самообладания водителя. Совпадение субъективных ошибок в процессе вождения с проявлениями опасных неисправностей многократно повышает вероятность ДТП с тяжелыми последствиями.

В настоящее время защищенность ТМ от опасных неисправностей отождествляется с надежностью и безотказностью эксплуатации. При всей близости этих свойств теория надежности дает лишь оценки частоты неисправностей и приспособленности технических объектов к их устранению при эксплуатации, не подразделяя эти оценки даже по признакам опасности неисправностей. Изучение признаков и опасности последствий эксплуатации технических объектов с неисправностями, оценка и выработка в сферах производства и эксплуатации мер противодействия угрозе от опасных неисправностей оказались на стыке теории надежности и технической диагностики. Исследуемое свойство безопасности современной техники применительно к ТМ предлагается именовать защищенностью от опасных неисправностей.

Таким образом, эксплуатационная безопасность – это совокупность установленных нормативными документами параметров, подверженных изменению в процессе эксплуатации и определяющих безопасность ТМ.

Объективными параметрами (измерителями) частных свойств защищенности от опасных неисправностей теоретически могли бы быть эмпирические оценки риска каждой из этих неисправностей, суммарные оценки риска опасных неисправностей по узлам, системам, агрегатам и интегральные оценки по ТМ в целом. Построение таких вероятностных по своей природе оценок хорошо известно, в том числе и применительно к риску от эксплуатации ТС с неисправностями [12]. Оценкой риска служит произведение частоты возникновения опасности на степень этой опасности, измеряемой величиной ущерба от возможной аварии (применительно к автомобильному транспорту – ДТП).

Для оценки частоты возникновения опасности [13] предложено произведение вероятности неисправности на условную вероятность ДТП при наличии этой неисправности при эксплуатации ТМ. С учетом различий в степени опасности неисправностей и воздействия иных факторов как сопутствующих причин абсолютного большинства ДТП по причине неудовлетворительного технического состояния ТМ, вероятностную оценку неисправности целесообразно представить в следующем виде:

$$R_i = P(XBD) \cdot Q_i = \\ = Q_i \cdot P(B|X) \cdot P(D|XB), \quad (1)$$

где $P(XBD) = P(X \cap B \cap D)$; R_i – вероятностная функция риска i -ой опасной неисправности; X – i -я опасная неисправность как одна из причин ДТП; B – ошибка водителя или другой фактор как не основная причина ДТП; D – событие, заключающееся в ДТП, причинами которого послужили X и B ; $P(B|X)$ – условная вероятность произведения BX ; Q_i – средняя величина экономического ущерба от ДТП, одной из причин которых была i -я опасная причина.

Подобная оценка в принципе применима к риску не только отдельных неисправностей, но и составных частей ТМ в целом. Неисправности и условные вероятности ДТП рассматриваются при этом как независимые. Источником исходных данных для подобных оценок теоретически могут служить результаты эксплуатационных испытаний (мониторинг безопасности ТМ). Однако в реальности такие данные отсутствуют, как и возможности их накопления (мониторинга). Эту возможность исключают препятствия в получении исходных данных для расчета риска. Так, если наблюдения за частотой опасных неисправностей при подконтрольной эксплуатации доступны, то стоимость и длительность сбора данных по частоте ДТП при наличии каждой из опасных неисправностей окажутся чрезмерными.

Следует отметить тот факт, что данные статистики ГАИ по ДТП, связанные с неудовлетворительным техническим состоянием ТМ, представляют собой лишь выборку, репрезентативность которой не имеет подтверждений, а размер остается невыявленным. Боль-

шинство ДТП, одной из причин которых было неудовлетворительное техническое состояние ТМ, статистика относит к группам «по вине водителя» или «плохие дорожные условия». Результаты расчета ущерба от каждого ДТП эта статистика по ряду причин не фиксирует.

ДТП по причине неудовлетворительного технического состояния ТМ относятся к крайне редким событиям. Свыше 75 % из них не попадает в статистику, вследствие невозможности выявления неисправностей ТМ, подвергшихся разрушению при ДТП, либо запаздывания результатов автотехнической экспертизы. Статистика ДТП по данной причине не отражает их реальной вероятности. За год их число существенно ниже общей численности потенциально опасных неисправностей.

Накопление данных по вероятностям опасных неисправностей и их связям с ДТП по всем типам ТМ требует чрезмерных затрат, а по срокам будет сопоставима с наиболее продолжительным периодом производства одной модели ТМ, поэтому до настоящего времени такие данные отсутствуют. Статистические связи между совпадениями неисправностей и вероятностью ДТП при подобных наблюдениях не поддаются выявлению [14].

При формировании оценок риска неисправностей приходится опираться на доступные данные о существовании причинно-следственных связей между наличием конкретных неисправностей и ДТП.

Для условий эксплуатации автомобилей, накапливающей данные по частоте ДТП по причине неудовлетворительного технического состояния ТМ, вместо не обеспеченных исходными данными и потому невыполнимых количественных оценок предлагается дискретная оценка. Введем дискретную функцию риска неисправностей, определяемую по дискретным оценкам составляющих риска.

К вероятным будем относить неисправности, признанные в числе причин, по меньшей мере, одного ДТП за установленный период. Введем дискретную характеристику X частоты таких ДТП

$$\begin{cases} X = 1 \\ N_{\text{ДТП}} \geq 1 \end{cases} \text{ и } \begin{cases} X = 0 \\ N_{\text{ДТП}} = 0 \end{cases}, \quad (2)$$

где $N_{\text{ДТП}}$ – число ДТП, регистрируемых в установленный период наблюдений, в числе причин которых была данная неисправность.

К опасным отнесем неисправности, признанные в числе причин, по меньшей мере, одного ДТП с последствиями в виде ранения или гибели человека. В качестве меры ее опасности используем дискретную функцию Q от величины социально-экономического ущерба V от ДТП. При ущербе V , превышающем минимальный ущерб M от ДТП с одним раненым, функция ущерба Q равна

$$\begin{cases} Q = 1 \\ V \geq M \end{cases} \text{ и } \begin{cases} Q = 0 \\ V < M \end{cases}$$

Используя математический аппарат алгебры логики, определим дискретную функцию риска R как

$$R = \cap XQ.$$

Риск неисправностей характеризуется как значимый при значении функции риска $R = 1$ и как незначимый при $R = 0$. Для получения предлагаемой дискретной оценки риска эксплуатации ТМ с неисправностями в отсутствие количественных данных о частоте и ущербе от неисправностей достаточно имеющихся о них сведений качественного характера. Необходима лишь информация о перечне неисправностей, каждая из которых, по меньшей мере, раз была в числе причин ДТП за установленный период. Для предъявления требований к эксплуатационной безопасности ТМ потребуются данные о перечне опасных неисправностей, обязательных для выявления, составе диагностируемых составных частей ТМ и диагностических параметров.

При отсутствии сведений о частоте опасных неисправностей и тем более частоте обусловленных ими ДТП единственно доступным методом остается метод экспертных оценок.

Предлагается экспертная оценка риска неисправностей ТМ следующего вида [13]:

$$\hat{R}_i = n \cdot k_i \cdot l_i \cdot \hat{P}_i \cdot Q, \quad \hat{R}_0 = \sum_{i=1}^N m_i \cdot \hat{R}_i, \quad (3)$$

где \hat{R}_i и \hat{R}_0 – экспертные оценки риска i -ой неисправности и комбинации N неисправностей ТС соответственно; n – коэффициент вида ТМ ($n=1$ – для грузовых автомобилей и прицепов к ним; $n=0,73$ – для легковых автомобилей и прицепов к ним; $n=2$ – для автобусов); m_i – коэффициент повышения вероятности ДТП при совпадении i -ой неисправности с другой опасной неисправностью ТМ; Q – средняя величина ущерба от ДТП по причине i -ой неисправности ТМ; \hat{P}_i – экспертная оценка вероятности или утяжеления последствий ДТП по причине i -ой неисправности ТМ $\left(0 < \hat{P}_i < 1\right)$; k_i – коэффициент

повышения вероятности ДТП в зависимости от условий выявления неисправностей ($k_i = 5 \cdot 10^{-4}$) – при отсутствии контроля при эксплуатации; $k_i = 10^{-4}$ – при контроле с периодичностью ТО; $k_i = 3 \cdot 10^{-5}$ – при условии планово-предупредительной замены составной части; $k_i = 10^{-5}$ – при контроле встроенными (бортовыми) средствами); l_i – коэффициент повышения вероятности ДТП в зависимости от степени опасности i -ой неисправности ($l_i = 0$ – для неопасных неисправностей; $l_i = 1$ – для опасных неисправностей; $l_i = 3$ – для особо опасных неисправностей; $l_i = 10$ – для неисправностей с признаками более чем одной особо опасной неисправности).

В числе конструктивных мер обеспечения нечувствительности ТМ к отказам составных частей, обеспечивающих защищенность от опасных неисправностей, наибольшее применение получили: резервирование тормозных систем и их разделение на независимые контуры, реализация функции аварийного (автоматического) торможения рабочей тормозной системы прицепов с пневматическим приводом, сохранение управляемости ТМ при отказах антиблокировочной тормозной системы или гидроусилителя рулевого управления, разделение и защита от коротких замыканий электрических цепей в системе электроснабжения [15, 16].

ТМ крайне слабо защищены от опасных неисправностей, а большая часть разработок в этом направлении пока не реализована. Даже сумма всех уже применяемых мер защиты не гарантирует безопасности эксплуатации ТМ. Поэтому оценивать это свойство ТМ на данном этапе развития автомобилестроения допустимо не адекватностью угрозе со стороны опасных неисправностей, а степенью использования мер противодействия этой угрозе.

Выводы

Исходя из изложенного выше материала, сформулируем перечень первоочередных мероприятий по обеспечению защищенности ТМ от опасных неисправностей.

Необходимо обеспечить декларирование заводами-изготовителями перечней индивидуальной комплектации, диагностических параметров и нормативов, перечней опасных и особо опасных неисправностей ТМ, ресурса составных частей, неисправности которых опасны при эксплуатации.

Обеспечение принятия ответственности заводом-изготовителем за ДТП по причине неисправностей, не указанных в числе декларируемых опасных неисправностей.

Обеспечение повышения безотказности ТМ.

Обеспечение включения в конструкцию ТМ встроенных (бортовых) средств контроля с функцией выявления наличия опасных неисправностей.

Обеспечение повышения числа составных частей гарантированной прочности в конструкциях ТМ.

Литература

1. Редзюк А.М. Безпека дорожнього руху: аналіз, завдання та шляхи вирішення // Автошляховик України. – 2001. – №2. – С. 14 – 18.
2. Мороз С.М. Задачи современного развития диагностики автомобилей. – М.: Автомобильный транспорт. Обзор. информ. Сер. 3, Техн. эксплуатация и ремонт автомобилей /М-во автом. трансп. РСФСР, ЦБНТИ. – 1990. – Вып. 7. – 60 с.
3. Государственный технический осмотр в нормативных правовых актах // Требо-

- вания к организации работ по проверке технического состояния транспортных средств: Сборник извлечений из нормативных документов / Авторский коллектив: Грошев А.М., Зубрицкий С.Г., Мороз С.М., Бородин В.С. – М.-Н. Новгород. – 2001. – Вып. 1. – 282 с.
4. Лаптев С.А. Комплексная система испытаний автомобилей. Формирование, развитие, стандартизация. – М.: Издательство стандартов, 2003. – 18 с.
 5. Чудаков Е.А. Теория автомобиля. – М.: Машгиз, 1950. – 343 с.
 6. Геслер В.М. Влияние веса автомобиля на его тормозной путь // Автомобильный транспорт. – 1957. – № 12. – С. 8 – 12.
 7. Яковлев Н.А., Диваков Н.В. Теория автомобиля. – М.: Машгиз, 1959. – 312 с.
 8. Литвинов А.С., Фаробин Я.Е. Автомобиль: теория эксплуатационных свойств. – М.: Машиностроение, 1989. – 240 с.
 9. Великанов Д.П. Эксплуатационные свойства автомобиля. – М.: Автотрансиздат, 1962. – 399 с.
 10. Афанасьев Л.Л., Дьяков А.Б., Иларионов В.А. Конструктивная безопасность автомобиля. – М.: Машиностроение, 1983. – 212 с.
 11. Чайковский И.П., Саломатин П.А. Рулевые управления автомобилей. – М.: Изд-во сельскохозяйственной литературы, 1987. – 176 с.
 12. Кацман Ф.М., Куклев Е.А. Единые теоретические подходы к оценке безопасности транспортных средств, 2004. – 4 с. <http://www.ari.spb.ru/Conference/Kacman.htm>.
 13. Куратовский К., Мостовский А. Теория множеств. – М.: Мир, 1970. – 416 с.
 14. Суковицин В.И. Оценка влияния технического состояния автомобиля на безопасность движения: Дисс...канд. техн. наук. – М., 1983. – 196 с.
 15. Мороз С.М. Научные основы обеспечения эксплуатационной безопасности автотранспортных средств: Дисс...д-ра техн. наук. – М., 2005. – 369 с.
 16. Сахно В.П., Барилевич Е.Л. Развитие конструкций приводов управления автопоездов // Тезисы докладов Международной научно-технической конференции «Проблемы эксплуатации и ремонта автомобильных транспортных средств». – Севастополь: Сев. ГТУ, 1997. – С. 3 – 4.

Рецензент: В.П. Волков, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 23 ноября 2007 г.