

УДК (UDC) 624.04

ОЦЕНКА РИСКОВ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ С УЧЁТОМ УСЛОВИЙ
ЭКСПЛУАТАЦИИRISK ASSESSMENT OF LIGHT VEHICLES TAKING INTO ACCOUNT OPERATION
CONDITIONSЗорин В.А., Ростамиан М.
Zorin V.A, Rostamian M.Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ) (Москва, Россия)
The Moscow automobile and road state technical university (MADI) (Moscow, Russian Federation)

Аннотация. В статье раскрывается возможность оценки опасности и рисков колесных автомобильных транспортных средств при использовании в различных климатических условиях на примере эксплуатации в Иране. Приведены результаты анализа климатических и дорожных условий эксплуатации автомобильных транспортных средств. Внимание уделено анализу конструктивной безопасности и аварийности автомобилей, производимых в Иране. Общий подход к оценке безотказности и рисков автомобильных транспортных средств описан с учетом определяющих факторов. Порядок оценки рисков показан на примере тормозной системы широко распространённого в стране легкового автомобиля. Предлагаемая в статье методика анализа и оценки рисков позволяет повысить надёжность и безопасность эксплуатации автомобиля благодаря предупреждению отказов и предотвращению возможных аварий. Организация эксплуатации новых моделей автомобильных транспортных средств и обоснование гарантийных обязательств поставщика с применением предложенного двухэтапного подхода позволяет разработать и внедрить в практику работы автотранспортных предприятий и дилерских компаний систему технических мероприятий, обеспечивающих безаварийную эксплуатацию автотранспортных средств и снижающих расходы на ремонт автомобилей в гарантийный период с учетом региональных особенностей эксплуатации.

Ключевые слова: риск, оценка, методика, климат, безопасность, автомобиль.

Дата принятия к публикации: 17.02.2020
Дата публикации: 25.03.2020

Сведения об авторах:

Зорин Владимир Александрович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Производство и ремонт автомобилей и дорожных машин», ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», e-mail: madi-dm@list.ru.

Мохаммад Ростамиан – магистрант, ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», e-mail: mohammad.rostamian1991@gmail.com

Abstract. In article reveals a possibility of assessment of danger and risks of wheel automobile vehicles when using in various climatic conditions on the example of operation in Iran. Results of the analysis of climatic and road service conditions of automobile vehicles are given in the Republic Iran. Special attention is paid to the analysis of constructive safety and breakdown rate of the cars manufactured in Iran. The general approach to assessment of non-failure operation and risks of automobile vehicles is described taking into account the defining factors. The order of assessment of risks is shown on the example of the brake system of the widespread car in the country. The technique of the analysis and assessment of risks offered in article allows to increase reliability and safety of operation of the car thanks to the prevention of refusals and prevention of possible accidents. The organization of operation of new models of automobile vehicles and justification of guarantee certificates of the supplier with application of the offered two-stage approach allows to develop and introduce in practice of work of the motor transportation enterprises and dealer companies system of the technical actions providing accident-free operation of vehicles and cutting expenses on car repairs during the guarantee period taking into account regional features of operation.

Keywords: risk, assessment, technique, climate, safety, car.

Date of acceptance for publication: 17.02.2020
Date of publication: 25.03.2020

Authors' information:

Vladimir A. Zorin - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department at Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI), e-mail: madi-dm@list.ru.

Mohammad Rostamian – graduate student at Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI), e-mail: mohammad.rostamian1991@gmail.com

1. Введение

Целью проводимого исследования является выявление и оценка риска в цепочке поставок автомобилей компанией Saipa Automobile Company в Иране с целью определения приоритетов и критических рисков на основе установленных показателей. Всемирная организация здравоохранения стремится уменьшить количество дорожно-транспортных происшествий во всех странах. По этой причине безопасность транспортного средства важна для обеспечения безопасности людей, инфраструктуры и экологии. В большинстве стран мира установлены минимальные требования безопасности, предъявляемые к транспортным средствам. Эти требования относятся к активным и пассивным решениям обеспечения безопасности транспортных средств. Обязательным требованием является наличие, например, тормозных систем с АБС, ремней безопасности, защитных подушек безопасности и др.

Иранская инспекция по качеству и стандарту качества отвечает за оценку безопасности автомобилей отечественного (иранского) производства и готовит ежемесячные отчеты об уровне безопасности автомобилей.

По данным Euro NCAP — Европейской программы оценки новых автомобилей с целью улучшения их безопасности только около 30% моделей от общего объема производства иранской автомобильной промышленности набрали приемлемый балл при проведении испытаний на безопасность (краш-тест).

Меган - самый безопасный автомобиль из производимых в Иране. Автомобиль получил пять звезд безопасности согласно Euro NCAP. При столкновении удар хорошо поглощается капотом двигателя, а кабина пассажира и стойки хорошо разбираются. В случае аварии автомобиль также имеет хорошие показатели. Ремень безопасности наряду с подушкой безопасности уменьшает воздействие удара на пассажиров и приборную панель автомобиля. Общая оценка безопасности автомобиля Меган иранского производства составляет 33 балла.

2. Постановка задачи

Надежность автомобиля является ключевым компонентом его безопасности. Высокие стандарты производства, а также высококачественные конструкционные материалы не гарантируют минимальные расходы на обеспечение надежности автомобиля, так как существует множество факторов, которые не могут быть учтены на стадиях проектирования и производства [1, 2]:

- 1) человеческий фактор (поведение водителя);
- 2) погодные факторы (с учётом климатических особенностей);
- 3) режимы работы и интервалы обслуживания, принятые в стране;
- 4) качество дорог и состояние дорожного покрытия (с учётом рельефа местности);
- 5) качество эксплуатационных материалов и запасных частей;
- 6) уровни технологического оснащения сервисных компаний;
- 7) уровень квалификации персонала, выполняющего техническое обслуживание и ремонт автомобиля.



Рис. 1. Горные автомобильные дороги Ирана

Дороги Ирана (рис. 1) разделены на три категории:

- горные;
- лесные;
- прибрежные.

Из общей протяжённости автомобильных дорог Ирана около 70% составляют горные дороги.

Результаты анализа аварийности автомобильного транспорта в Иране позволили выявить множество эксплуатационных факторов, вызывающих возникновение аварий:

- геометрия дороги;
- рельеф местности;
- качество и состояние дорожного покрытия;
- обустройство дорожного полотна;
- погодные условия;
- режим движения и др.

Среди факторов окружающей среды, влияющих на безопасность и устойчивость движения автомобиля, можно отметить роль таких климатических явлений, как порывистый ветер, обледенение дорожного полотна и туман. Основными метеорологическими переменными, влияющими на дорожно-транспортные происшествия, являются снег, дождь и суточные перепады температуры. По мере увеличения интенсивности осадков количество аварий увеличивается на 6%. Изучение риска аварий в дождливую погоду, когда дорога влажная и скользкая, показывает, что количество аварий увеличивается в три раза.

Как показывают статистические данные, в результате аварий на дорогах в Иране ежегодно погибают более 16 000 человек. В настоящее время в Иране авария является основной причиной смертности среди молодежи в возрасте от 15 до 29 лет и является третьей ведущей причиной гибели человека.

К сожалению, этот показатель смертности в Иране в пять раз превышает среднее значение показателя в мире. Среди факторов, вызывающих дорожно-транспортные происшествия, для условий Ирана характерны обледенение дорожного полотна, снег, туман, лавины, сильные морозы и отказы автомобилей.

В настоящее время в Иране практически нет инструментов для точного прогнозирования затрат на обеспечение безопасности движения автомобиля с учетом многофакторного влияния условий эксплуатации на техническое состояние и необходимость ремонта автомобиля. По этой причине гарантийные обязательства при вводе новых моделей автомобилей в эксплуатацию принимаются

либо непосредственно поставщиками на основе собственного опыта и интуиции, либо по результатам математического анализа (с применением математического моделирования или теории вероятностей).

В данной статье предпринята попытка изучить возможность использования методов оценки риска для выявления потенциальных опасных событий, которые приводят к дополнительным затратам на обеспечение безопасности автомобиля на этапе эксплуатации.

Основной целью оценки рисков, возникающих при эксплуатации автомобилей, является выявление на основе объективных свидетельств информации, необходимой для принятия обоснованного решения относительно способов предупреждения или уменьшения отказов и аварийности.

Оценка риска обеспечивает:

- понимание потенциальных опасностей и воздействия их последствий на достижение установленных целей организации;
- получение информации, необходимой для принятия решений по обеспечению безопасности;
- понимание источников опасности и возможных последствий;
- идентификацию ключевых факторов, формирующих риск, уязвимых мест автомобиля и его систем;
- возможность сравнения рисков альтернативных моделей автомобиля, технологий, методов и процессов;
- накопление, хранение, анализ информации о риске и неопределенностях;
- получение информации, необходимой для ранжирования рисков;
- предотвращение аварийных ситуаций на основе исследования последствий отказов;
- выбор способов обработки риска;
- получение информации, необходимой для обоснованного решения о принятии риска в соответствии с установленными критериями;
- оценка риска на всех стадиях жизненного цикла автомобиля.

Основой для оценки рисков R в рамках технического регулирования являются функционал F , связывающий вероятность P возникновения неблагоприятного события и

математическое ожидание ущерба U от этого неблагоприятного события формула [1]:

$$R = F_R\{U, P\} = \sum_i [F_R(U_i, P_i)] = \int C(U)P(U)dU \quad (1)$$

$$= \int C(P)U(P)dP$$

где i – виды неблагоприятных событий, C – весовые функции, учитывающие взаимовлияние рисков.

В качестве объекта исследования выбран легковой автомобиль С-сегмента, наиболее популярного в Иране. В целях конфиденциальности производитель и марка этого автомобиля не разглашаются.

С точки зрения обеспечения безопасности автомобиля одной из важнейших является тормозная система, которая постоянно находится под контролем производителей, пользователей и органов, отвечающих за безопасность дорожного движения. К тормозной системе предъявляются повышенные требования с точки зрения безотказности и надежного срабатывания, а также реализации управления при замедлении с сохранением устойчивости. Современные производители автомобилей оснащают тормозные системы многоконтурным приводом с интегрированной антиблокировочной системой, дисковыми механизмами. Многие модели автомобилей оснащаются также системой ESP и другими. Между тем из теории надежности машин [1, 2] известно, что усложнение конструкции любой системы путем введения в нее дополнительных элементов уменьшает общую вероятность ее безотказной работы. По этой причине, отказы деталей, узлов и вспомогательных систем тормозной системы также рассматриваются нами в качестве потенциальных источников опасностей при эксплуатации.

3. Разработанные модели и методы

Надежность тормозной системы рассматриваемого автомобиля определяется следующим списком результатов анализа запросов клиентов на ремонт в гарантийный период (табл. 1). То есть в отмеченных случаях производитель несет убытки, связанные с необходимостью ремонта транспортного средства.

Таблица 1

Результаты сравнительного анализа надёжности элементов тормозной системы

Наименование детали	Процент замен
Тормозные цилиндры передних колес	14
Тормозные цилиндры задних колес	12
Поршень главного тормозного цилиндра	6
Шток	4
Цилиндр главный тормозной	3
Трубопровод передних тормозов	2
Трубопровод задних тормозов	1
Бачок главного тормозного цилиндра	1

В соответствии с положениями нормативных документов [6, 10] проведены анализ и оценка рисков, связанных с отказами тормозной системы автомобиля. По результатам оценки рисков построена матрица, приведенная на рис. 2.

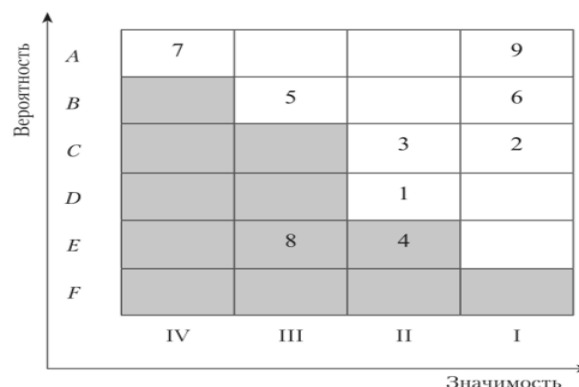


Рис.2. Матрица оценки рисков

Арабские цифры (1,2, ..., 9) в матрице — обозначения рисков, которые были классифицированы по четырем уровням значимости (I, II, III, IV — высокий, значительный, умеренный, незначительный) и шести категориям вероятности (A, B, C, D, E, F — от «почти точно произойдет» до «почти невозможно» соответственно). Идентифицированные на первом этапе риски оцениваются на втором этапе с помощью сравнительного анализа. Наиболее высокий уровень риска выбирается в качестве критического [3].

При выявлении сценария возникновения критических рисков в процессе эксплуатации автомобиля (причинно-следственная связь

процессов, событий и действующих факторов риска), факторы, приводящие к рискам выше этой границы, считаются непереносимыми [4, 5]. При разработке стратегии выявления непереносимых рисков до принятия стратегии требуется понять, как уменьшить или предотвратить такие риски [7 - 9].

На рис. 2 приведен пример качественной оценки риска. Цифрами указаны возможные анализируемые риски. Допустим, номер 9 - это риск выхода из строя главного тормозного цилиндра. Этот риск оказался наиболее критичным. Соответственно, необходимо разработать ряд мер, призванных снизить данный риск. Одним из таких вариантов может быть замена главного тормозного цилиндра с вакуумным усилителем.

Для решения проблемы влияния региональных эксплуатационных условий на надежность автомобиля рекомендуется при оценке рисков транспортного средства использовать двухэтапный подход. Это необходимо для получения исходных данных для дальнейшего принятия решения о поставке новой модели автомобиля без внесения каких-либо существенных изменений в конструкцию или гарантийные обязательства. С этой целью было предложено адаптировать методологию оценки рисков к эксплуатационным реалиям в конкретном регионе, в рассматриваемом случае в Иране.

Шаг первый: определение группы риска, которая оказывает наибольшее влияние на цели компании, и оценка рейтинга каждого выбранного риска.

Шаг второй: расчет общей оценки риска с учётом условий эксплуатации.

Далее необходимо выяснить наиболее опасные последствия, связанные с отказами, и объективные причины, приводящие к этим видам отказов.

Анализ проводится методом «Анализ видов, последствий и причин потенциальных неисправностей» ГОСТ Р 51814.2-2001.

Нами предложена методика, которая в большей части своей соответствует методике проведения анализа FMEA «Анализ видов, последствий и причин потенциальных неисправностей» с корректировкой на некоторые важные с нашей точки зрения факторы, ко-

торые необходимо учесть в зависимости от типа и сферы деятельности субъекта.

1. Фактор инициатора (рискодержателя) проводимого анализа рисков. Поскольку инициатором является организация, которая не производит, а лишь распространяет продукцию, цели организации и, следовательно, риски, которые она несет, несколько отличаются от целей и рисков организации-производителя.

Анализ рисков рассматривается с точки зрения затрат на гарантию и безопасность эксплуатации в части потери управляемости транспортного средства.

Поскольку у организации нет в наличии высоко квалифицированных специалистов узкого профиля, вместо команды технических специалистов предварительную оценку рисков выполняют специалисты сервисной службы и технической поддержки. С другой стороны, такой подход позволяет сократить затраты и, тем самым, не лишает организацию столь важного инструмента предварительной оценки рисков. При этом процесс оценки рисков полностью интегрирован с бизнес-процессами организации и не противоречит им.

2. Вместо шкалы обнаружения предлагается использовать шкалу затрат С (Cost), поскольку сама оценка риска производится в первую очередь с точки зрения расходов и влияния возникающих отказов на безопасность эксплуатации.

3. Шкалы вероятности возникновения и значимости полностью соответствуют методике проведения анализа согласно ГОСТ Р 51814.2-2001.

В соответствии с предлагаемой методикой каждое опасное событие и причину события оценивают экспертными методами по трем критериям:

- значимость последствий опасного события;
- вероятность возникновения;
- влияние на затраты.

На основании проведённых экспериментальных наблюдений было установлено, что на стоимость гарантии влияют следующие факторы:

- 1) надежность автомобиля;

- 2) характеристика района, в котором работает машина;
- 3) стоимость запасных частей, условия эксплуатации.

4. Результаты и их анализ

Шкалы оценки для каждого из видов риска представлены в табл. 2.

Таблица 2

Шкалы оценки рисков автомобиля

Риск	Балл	Оценка	Описание
Риск разработки	1	Низкий	Элементы экстерьера, интерьера кузова
	2	Средний	Системы пассивной безопасности, двигатель, трансмиссия, подвеска
	3	Высокий	Рулевое управление, системы активной безопасности
	4	Критический	Тормозная система
Риск региона эксплуатации	1	Низкий	Тегеран
	2	Средний	Северные регионы
	3	Высокий	Южные регионы
	4	Критический	Центральные районы
Риск увеличения стоимости запасных частей и работ	1	Низкий	Модель является локальной и основные запасные части производятся на территории Ирана
	2	Средний	Большинство запасных частей импортируются, есть возможность наладить локальное производство
	3	Высокий	100% импорт и невозможность наладить локальное производство ввиду отсутствия технологий
	4	Критический	Автопроизводитель покидает рынок Ирана

Величина среднего риска определяется с помощью известного выражения [1]:

$$R = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m g_{ij}(V) P_j P_i(j, z_j) X_i, \quad (2)$$

где P_i - вероятность получения ущерба в результате наступления неблагоприятного события i -го типа; P_j - вероятность наступления неблагоприятного события j -го типа; X_i - величина ущерба (обычно в стоимостном выражении, но в случае наступления экологического риска может быть выражена в натуральных показателях); R - количественная мера риска (выражается в тех же показателях, что и ущерб); n - число возможных вариантов ущерба при наступлении любого неблагоприятного события (включая и ущерб, равный нулю); $g_{ij}(V)$ - вероятность выбора объектом ситуации с вероятностью наступления неблагоприятного события P_j и

законом распределения ущерба $P_i(j, z_j)$, зависящим от принятых защитных мер z_j .

Чтобы получить единую оценку риска рекомендуется использовать линейную модель суммы взвешенных факторов:

$$R_{об} = A_1 X_1 + A_2 X_2 + A_3 X_3 + \dots + A_n X_n, \quad (3)$$

где $R_{об}$ - общая оценка рисков (в данном случае во время работы); X_1, X_2, \dots, X_n - независимые переменные (оценка риска); A_1, A_2, \dots, A_n - показатели значимости факторов, определяемые экспертным методом.

Чтобы получить значение в интервале от 0 до 100%, проведём процедуру нормализации значений общего риска следующим образом:

$$Y = 100\% \frac{(R_{об} - Min)}{(Max - Min)}, \quad (4)$$

где Y - нормальная оценка, %; Min - самая низкая из возможных оценка риска; Max - наибольшая из возможных оценка риска.

5. Заключение

Предлагаемая методика позволяет повысить безопасность эксплуатации исследуемой модели автомобиля благодаря выявлению в ходе анализа ряда показателей, таких как:

- наиболее и наименее вероятные источники возникновения опасных ситуаций;
- степень угрозы здоровью и безопасности владельца транспортного средства.

Полученные в ходе проведённых исследований результаты могут быть использованы для снижения последствий отказов.

Проведение такого анализа минимум раз в год после начала эксплуатации позволит исключить необходимость отзывных кампаний при выявлении серийных опасных отказов автомобиля.

Отличительной чертой описанной методики является её простота и универсальность. В методике реализована комбинация экспертных, аналитических и статистических методов, что обеспечивает достаточно высокую точность результатов при относительно небольшой зависимости от применения сложных математических моделей, позволя-

ющих вычислить количественную оценку риска.

Данная методика может применяться без предварительного сбора статистических данных, что делает её эффективной при анализе новых моделей, а также моделей, только поступивших в продажу, на которые величина затрат на гарантийный ремонт определена интуитивным путём.

Общая таблица интерпретации оценки риска может быть адаптирована для конкретной организации с учетом ее особенностей (структуры парка, режимов работы, условий эксплуатации автомобилей, политики и стандартов).

Использование предложенного подхода при организации эксплуатации новых моделей транспортных средств и обоснование гарантийных обязательств поставщика позволяет обосновать и планировать контроль технических мероприятий, обеспечивающих безопасное использование транспортного средства и снижающих гарантийные расходы с учетом региональных особенностей эксплуатации автомобилей.

Список литературы

1. Зорин В.А. Надёжность механических систем. - М: ИНФРА-М, 2015. 380 с.
2. Зорин В.А. Основы работоспособности технических систем. М: Академия, 2015. 208 с.
3. Баурова Н.И. Влияние климатических и эксплуатационных факторов на свойства ремонтных материалов // Автотранспортное предприятие. 2009. № 3. С. 13-15.
4. Sevryugina N.S., Volkov E.A., Litovchenko E.P. // *Modern Applied Science*. 2014. Vol. 8. № 5.
5. Sevryugina N. // *MATEC Web of Conferences*. 2017. Vol. 117. 00151.
6. Руководство ИСО/МЭК 73:2002. Управление риском. Словарь. Руководящие указания по использованию в стандартах.
7. Федеральный закон «О техническом регулировании» № 184-ФЗ.
8. Технический регламент ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборуду-

References

1. Zorin V.A. Reliability of mechanical systems. Textbook. Moscow, INFRA-M, 2015. 380 p. (In Russian)
2. Zorin V.A. Bases of operability of technical systems. Moscow, Akademiya, 2015. 208 p. (In Russian)
3. Baurova N.I. Influence of climatic and operational factors on properties of repair materials. *Avtotransportnoe predpriyatie*, 2009, No. 3, pp. 13-15. (In Russian)
4. Sevryugina N.S., Volkov E.A., Litovchenko E.P. *Modern Applied Science*, 2014, Vol. 8, No. 5.
5. Sevryugina N. *MATEC Web of Conferences*, 2017, Vol. 117, 00151.
6. Management of ISO/MEK 73:2002 «Management of risk. Dictionary. Guidelines on use in standards». (In Russian)
7. Federal Law 184 «On technical regulation». (In Russian)
8. TR CU 010/2011 «About safety of ma-

дования».

9. Технический регламент ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств».

10. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 Менеджмент риска. Методы оценки риска.

† chines and the equipment». (In Russian)

† 9. TR CU 018/2011 «About safety of wheel vehicles». (In Russian)

† 10. GOST P ISO/MEK 31010-2011 Management of risk. Risk assessment methods. (In Russian)