
СНИЖЕНИЕ РИСКОВ И ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧС

О ПРИМЕНИМОСТИ КВАЛИМЕТРИИ В ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Д.А. Лакеев;

**В.Н. Ложкин, доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки РФ.**

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены вопросы теории и практики использования квалиметрии для иерархического ранжирования диагностических критериев конструктивной безопасности колесных транспортных средств в условиях эксплуатации. Проведено сравнение соподчиненности таких показателей, как надежность, экономичность, физическое и химическое загрязнение атмосферы, пожарная опасность в среде массовых потребителей легковых автомобилей в РФ и специалистов; по критериям безопасности проанализированы особенности современного автотранспортного рынка в РФ.

Ключевые слова: транспортные средства, опасности эксплуатации, техническая диагностика, экспертные оценки

ABOUT APPLICABILITY KVALIMETRIK IN DIAGNOSTIK SAFETY STUDY OF THE KARS

D.A. Lakeev; V.N. Lozhkin.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Theory and practice of the expert analysis of the criterion of safety of the cars are stated in article; they are compared factors reliability, fireman of the danger, ecologies, economy; car market is analysed on feature of safety in Russia.

Key words: motor transport, dangers of the usage, technical diagnostics, expert estimations

Авторами приводится научное обоснование и результаты применения метода квалиметрии для выявления (диагностирования) тенденций, формирующих в РФ реальный спрос на приобретение транспортных средств, оснащенных бензиновыми и дизельными двигателями, в зависимости от потребительских качеств надежности и техногенного риска. Такими потребительскими качествами являлись: топливная экономичность (ресурсосбережение), конструктивная безопасность (по отношению к ДТП), химическое загрязнение окружающей среды, шум и вибрация, опасность возгорания (пожарная безопасность).

При прогностических исследованиях, связанных с решением такого рода задач, ответы не могут быть получены путем сопоставления, как правило, известных численных значений названных критериев надежности и техногенного риска (безопасности) для сравниваемых двух типов двигателей. Нельзя использовать в этом случае и мнения специалистов высокого уровня, например преподавателей, работающих в системе автосервиса, или разработчиков автомобильной техники.

Это связано с тем, что рынок продаж автомобильной техники в подавляющей своей массе определяется востребованностью той части населения, потребительские требования («вкусы») которой могут диаметрально расходиться как с реально значимыми показателями надежности и опасностями, так и мнениями специалистов. Первое обусловлено известным в теории надежности и техногенного риска фактором «Ксандры» [1] – обычный человек, не искушенный достаточным опытом или знаниями, склонен недооценивать или, наоборот, переоценивать опасность реальных угроз природного или техногенного характера.

Таким образом, если с точки зрения рыночной востребованности сравниваются два типа автомобилей с бензиновым и дизельным двигателем, то специалисту очень трудно подыскать какой-то аналитический или экспериментальный метод решения этой задачи по отношению к нескольким потребительским свойствам надежности и безопасности в эксплуатации. Однако многие свойства надежности и безопасности могут быть оценены с качественной стороны, если воспользоваться методами квалиметрии. При этом ценность получаемой информации, например, для ее использования с целью выстраивания методологии инструментального технического диагностирования конструктивной надежности и безопасности (техногенного риска), не уменьшается в сравнении с численными оценками. Последнее связано с тем, что численные оценки всегда получаются в условиях неизбежной неопределенности.

Среди различных методов квалиметрии наиболее разработанными и апробированными во многих областях техники являются методы экспертных оценок, называемые также некоторыми авторами методами квалиметрической экспертизы [2, 3]. Их суть состоит в том, что члены группы экспертов независимо один от другого выставляют определенные оценки каждому из заранее разработанных показателей, характеризующих свойства разных видов продукции, применяемой по одному назначению. Таким образом, производится количественная оценка качества этой продукции.

В данном случае продукцией являются производимые в массовом количестве транспортные средства с бензиновыми и дизельными двигателями, под их качеством понимается оговариваемая совокупность потребительских свойств, обуславливающих конструктивную безопасность транспортных средств в эксплуатации. То есть по сути, – совокупность показателей конструктивной безопасности, контролируемых или диагностируемых в эксплуатации при технических осмотрах транспортных средств, например, по ГОСТ Р 51709-2001, ГОСТ Р 52033-2003 и ГОСТ Р 52160-2003.

Цель проведенного квалиметрического исследования состояла в том, чтобы опираясь на мнения (опыт, знания и интуицию) когорты людей, являющихся выразителями интересов подавляющей массы потребителей автомобильной техники, во-первых, сравнить ряд оговоренных выше потребительских свойств (показателей), обуславливающих конструктивную безопасность транспортных средств с бензиновыми и дизельными двигателями в эксплуатации. Во-вторых, оценить относительную иерархию доминирования (важность для этой когорты людей) исследуемых показателей безопасности транспортных средств.

В соответствии с [3] основными операциями экспертной оценки качества продукции являются:

- формирование рабочей группы;
- формирование экспертной группы;
- построение структурной схемы показателей качества;
- подготовка протоколов и пояснительных записок для опроса экспертов;

- опрос экспертов;
- обработка экспертных оценок;
- анализ экспертных оценок.

В соответствии с рекомендациями [3] при формировании членов экспертной группы к ним должны предъявляться следующие требования: высокая информированность в анализируемой области техники и заинтересованность в объективных результатах экспертизы.

Выбор экспертов

В современных условиях формирования в РФ рыночных отношений (экономики) реальная конструктивная надежность и опасность (техногенный риск) транспортных средств (ТС) становятся все более зависимыми от того, насколько тот или иной конкретный вид техники, а также его потребительские качества, востребованы той частью населения, которая ею пользуется, то есть является ее основным потребителем.

В свою очередь рейтинг у этой части населения к приобретению того или иного вида автотехники и их конкретных потребительских свойств формируется профессионалами, стоящими наиболее близко к покупателям, – то есть менеджерами продаж. Более того, применительно к автотранспорту, менеджеров и автомехаников, пожалуй, следовало бы считать представителями данной части населения (в своей подавляющей массе, – молодой по возрасту), по исследованию мнений которой, можно было бы получить наиболее точные сведения о требованиях, как к виду, так и потребительским свойствам автомобильной техники.

Следовательно, если при проведении квалиметрии (экспертного исследования) в качестве экспертов взять представителей менеджеров и автомехаников с достаточным стажем работы, то оценки востребования населением вида транспортных средств и их потребительских свойств надежности и техногенного риска окажутся наиболее правдоподобными и точными.

Эксперты в настоящем исследовании подбирались (на основе консультаций с преподавателями автомобильно-дорожного факультета СПбГАСУ и института сервиса автотранспорта СПбГУСЭ) из числа студентов старших курсов заочной формы обучения, имевших стаж работы в системе автосервиса не менее 4 лет.

Число экспертов, входящих в группу, зависит от требуемой точности средних оценок, допустимой трудоемкости оценочных процедур, возможностей управления группой и возможностей организации, в которой формируется группа, но в группе должно быть не менее 7–12 человек [3]. Поэтому после формирования рабочей группы, в которую вошли представители Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, автомобильно-дорожного факультета СПбГАСУ и института сервиса автотранспорта СПбГУСЭ, была сформирована экспертная группа из восьми студентов старших курсов заочной формы обучения, имевших стаж работы в системе автосервиса не менее 4 лет, то есть, удовлетворяющих выше оговоренным требованиям.

При разработке номенклатуры показателей качества был учтен мировой опыт. Мировая практика подтверждает, что для целей квалиметрии машин достаточно принять 8–10 самых существенных показателей, по совокупности которых можно в полной мере оценить объект с необходимой для практики точностью.

Для оценки предпочтительности выбора двух типов легковых автомобилей с бензиновыми и дизельными двигателями было разработано шесть таких показателей: конструктивная безопасность (в отношении к ДТП), функциональная надежность, опасность возгорания (пожарная безопасность), химическое загрязнение окружающей среды, шум и вибрация, топливная экономичность (ресурсосбережение). Данные показатели были определены применительно к исследуемой области автомобильной техники, при этом они были максимально приближены к современным понятиям надежности и техногенного риска [1].

Для однозначного понимания экспертами этих показателей сформулированные определения были приведены в пояснительной записке, прилагаемой к протоколу квалитетической экспертизы. В протоколе квалитетической экспертизы экспертам предлагалось выставить две группы оценок – оценки относительной важности (весомости) того или иного показателя качества и оценки качества свойств (показателей) типов транспортных средств, определяющие, в какой мере обеспечиваются эти свойства (показатели) по каждому из типов (бензиновый, дизельный).

Оценки относительной важности (весомости) того или иного показателя качества осуществлялись путем ранжирования показателей, при котором степень важности выбиралась в рангах. Ранги могли принимать целочисленные значения от 1 до 6, то есть 1, 2, ..., 6. При этом наиболее важному показателю соответствует первый ранг; если весомость двух или большего числа показателей одинакова, то таким показателям назначались одинаковые ранги.

Оценки качества свойств (показателей) типов транспортных средств легкового автотранспорта, определяющие, в какой мере обеспечиваются эти свойства (показатели) по каждому из типов, осуществлялись путем назначения оценок в относительных числах от нуля до единицы с интервалом в 0,1, то есть, 0; 0,1; 0,2; ..., 0,9; 1. При этом оценка «1» присваивалась тому или иному свойству (показателю) в том случае, когда оно удовлетворяется наиболее полно, то есть являлось практически близким к эталонным для данных типов. Оценка «0» присваивалась, когда свойство, характеризуемое данным показателем, имело крайне неудовлетворительную оценку. Если же какие-то показатели удовлетворялись в равной мере, то им присваивались одинаковые оценки.

Для статистической обработки экспертных данных использовалась методика, достаточно широко апробированная в подобных исследованиях [2, 3].

Полученные данные экспертного опроса представлены в табл. 1, 2. В данных таблицах использованы следующие условные обозначения показателей качества: X_1 – конструктивная безопасность; X_2 – функциональная надежность; X_3 – пожарная безопасность; X_4 – химическое загрязнение окружающей среды; X_5 – шум и вибрация; X_6 – топливная экономичность. Для интегральной оценки качества выбрана средняя взвешенная геометрическая величина, значение которой вычислялось по формуле

$$Q = \prod_{i=1}^{i=n} q_{cp\ i}^{\alpha_i}, \quad (1)$$

где Q – интегральный показатель качества (интегральный квалитет) типа транспортного средства; $q_{cp\ i}$ – i -е локальное среднеарифметическое значение относительного квалитета (среднеарифметическая оценка i -ого частного показателя качества); α_i – i -й коэффициент весомости; n – количество частных показателей качества; $i = 1, 2, \dots, n$.

Величина $q_{cp\ i}$ определяется по уравнению

$$q_{cp\ i} = \frac{\sum_{j=1}^{j=m} q_{i\ j}}{m}, \quad (2)$$

где $q_{i\ j}$ – i -й локальный относительный квалитет, назначенный j -м экспертом; m – количество экспертов в группе; $j = 1, 2, \dots, m$.

В рассматриваемом случае, при отсутствии реального эталона качества, но при условии, что имеется некоторый воображаемый эталон, величина $q_{i j}$ определяется следующим образом:

$$q_{i j} = \frac{P_{i j}}{P_{i j}^0}; \quad (3)$$

$$0 \leq q_{i j} \leq 1,$$

где $P_{i j}$ – i -й абсолютный показатель качества, назначенный j -м экспертом; $P_{i j}^0$ – то же, для воображаемого эталона.

При этом предполагается, что $P_{i j}^0$ во всех случаях лучше.

При вычислении коэффициентов весомости α_i предварительно определяются суммы рангов A_i по каждому показателю в отдельности по формуле

$$A_i = \sum_{j=1}^{j=m} x_{i j}, \quad (4)$$

где $x_{i j}$ – ранг i -го показателя, указанный j -м экспертом.

Затем определяется общая сумма рангов по всем показателям

$$A = \sum_{i=1}^{i=n} A_i. \quad (5)$$

При этом если более весомым свойствам (показателям) присваиваются большие ранги, то

$$\alpha'_i = \frac{A_i}{A}. \quad (6)$$

В рассматриваемом случае более весомым свойствам (показателям) присваивались меньшие ранги, поэтому производился перерасчет по формуле

$$\alpha_i = \frac{2}{n} - \alpha'. \quad (7)$$

Рассчитанные по формуле (4) суммы рангов A_i представлены в табл. 1, 2; значения α_i , вычисленные по формулам (5)–(7) – в табл. 3, а значения $q_{cp i}$, определенные по формуле (2) – в табл. 4, 5.

В соответствии с формулой (1) рассчитываем интегральные показатели качества рассматриваемых способов предпусковой тепловой подготовки двигателей:

– автомобили с дизельными двигателями

$$Q = \prod_{i=1}^{i=6} q_{cp i}^{\alpha_i} = 0,300^{0,229} \cdot 0,550^{0,199} \cdot 0,488^{0,169} \cdot 0,438^{0,139} \cdot 0,325^{0,132} \cdot 0,563^{0,132} = 0,426; \quad (8)$$

– автомобили с бензиновыми двигателями

$$Q = \prod_{i=1}^{i=6} q_{cp}^{\alpha_i} = 0,613^{0,229} \cdot 0,450^{0,199} \cdot 0,588^{0,169} \cdot 0,525^{0,139} \cdot 0,588^{0,132} \cdot 0,738^{0,132} = 0,624. \quad (9)$$

Оценка согласованности мнений группы экспертов по вопросу относительной важности рассматриваемых показателей выполнялась традиционным методом с помощью коэффициента конкордации (согласия), методика вычисления которого представлена в [2, 3]. Данная методика предполагает, что если среди оценок, данных определенным экспертом, есть одинаковые оценки, то этим оценкам назначается одинаковый ранг, равный среднему арифметическому соответствующих чисел натурального ряда. Поскольку эксперты производили оценку относительной важности показателей сразу в рангах, то в соответствии с [2, 3] производилась переранжировка показателей (табл. 6).

Анализируя данные табл. 6, можно сделать вывод, что после процедуры переранжировки показателей их распределение с точки зрения относительной важности практически не изменилось; символом A_i^* в данной таблице обозначена сумма рангов по каждому показателю после переранжировки.

Таблица 1. Сводные данные по общему ранжированию показателей типов транспортных средств

Номера экспертов	Показатели					
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
1	1	1	3	3	3	2
2	1	2	6	3	4	5
3	2	2	3	3	3	2
4	1	1	1	3	2	4
5	1	1	2	3	3	2
6	2	3	5	6	4	1
7	2	3	4	1	3	4
8	4	5	2	5	5	2
A_i	14	18	26	27	27	22

Таблица 2. Сводные данные по упорядоченным рангам показателей типов транспортных средств

Номера экспертов	Показатели					
	1	2	3	4	5	6
	X_1	X_2	X_6	X_3	X_4	X_5
1	1	1	2	3	3	3
2	1	2	5	6	3	4
3	2	2	2	3	3	3
4	1	1	4	1	3	2
5	1	1	2	2	3	3
6	2	3	1	5	6	4
7	2	3	4	4	1	3
8	4	5	2	2	5	5
A_i	14	18	22	26	27	27

Таблица 3. Значения коэффициентов весомости

Упорядоченные номера показателей	X_i	Сумма рангов A_i	α'_i	α_i
1	X_1	14	0,104	0,229
2	X_2	18	0,134	0,199
3	X_6	22	0,164	0,169
4	X_3	26	0,194	0,139
5	X_4	27	0,202	0,132
6	X_5	27	0,202	0,132

Таблица 4. Сводные данные по локальным качествам дизельных автомобилей

Номера экспертов	Показатели					
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
	Локальные качества					
	q_1	q_2	q_3	q_4	q_5	q_6
1	0,5	0,8	0,5	0,6	0,3	0,4
2	0,2	0,3	0,5	0,2	0,1	0,4
3	0,6	0,8	0,5	0,5	0,4	0,3
4	0,1	0,8	0,7	0,8	0,6	0,5
5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,3	0,5
6	0,2	0,4	0,5	0,1	0,3	0,9
7	0,2	0,3	0,2	0,1	0,1	0,5
8	0,2	0,5	0,6	0,7	0,5	1
$q_{cp\ i}$	0,300	0,550	0,488	0,438	0,325	0,563

Таблица 5. Сводные данные по локальным качествам бензиновых автомобилей

Номера экспертов	Показатели					
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
	Локальные качества					
	q_1	q_2	q_3	q_4	q_5	q_6
1	0,8	0,6	0,9	0,9	0,8	0,9
2	0,3	0,4	0,1	0,2	0,3	0,5
3	0,8	0,6	0,8	0,7	0,9	0,8
4	0,2	0,1	0,4	0,1	0,3	0,5
5	0,8	0,7	0,9	0,7	0,8	0,9
6	0,7	0,5	0,6	0,4	0,6	0,5
7	1	0,3	0,2	1	0,8	0,9
8	0,3	0,4	0,8	0,2	0,2	0,9
$q_{cp\ i}$	0,613	0,450	0,588	0,525	0,588	0,738

Таблица 6. Сводные данные по переранжированным показателям

Номера экспертов	Показатели					
	X_1	X_2	X_6	X_3	X_4	X_5
1	1,5	1,5	3	5	5	5
2	1	2	5	6	3	4
3	2	2	2	5	5	5
4	2	2	6	2	5	4
5	1,5	1,5	3,5	3,5	5,5	5,5
6	2	3	1	5	6	4
7	2	3,5	5,5	5,5	1	3,5
8	3	5	1,5	1,5	5	5
A_i^*	15	20,5	27,5	33,5	35,5	36

При наличии связанных рангов коэффициент конкордации W вычисляется по формуле

$$W = 12 \cdot S \cdot [m^2 \cdot (n^3 - n) - m \cdot (T_1 + T_2 + \dots + T_j + \dots + T_m)],$$

где S – сумма квадратов отклонений; T_j – показатель равных (связанных) рангов.

Среднее арифметическое значение сумм рангов, полученных всеми показателями, определяется по формуле

$$A_{cp}^* = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} A_i^*}{n} = \frac{15 + 20,5 + 27,5 + 33,5 + 35,5 + 36}{6} = 28.$$

Сумма квадратов отклонений (табл. 6):

$$S = \sum_{i=1}^{i=n} (A_i^* - A_{cp}^*)^2 = (15 - 28)^2 + (20,5 - 28)^2 + (27,5 - 28)^2 + (33,5 - 28)^2 + (35,5 - 28)^2 + (36 - 28)^2 = 376.$$

Показатели связанных рангов T_j

$$T_j = \sum_{l=1}^L (t^3 - t), \quad (10)$$

где t – количество связанных рангов в 1-й группе; L – количество групп связанных рангов; $l = 1, 2, \dots, L$.

Анализируя сочетания показателей в табл. 6, по формуле (10) получаем следующие значения: $T_1 = 30$; $T_2 = T_6 = 0$; $T_3 = 48$; $T_4 = 24$; $T_5 = 18$; $T_7 = 12$; $T_8 = 30$.

Тогда

$$W = 12 \cdot S \cdot [m^2 \cdot (n^3 - n) - m \cdot (T_1 + T_2 + \dots + T_j + \dots + T_m)] = 12 \cdot 376 \cdot [8^2 \cdot (6^3 - 6) - 8 \cdot (30 + 48 + 24 + 18 + 12 + 30)] = 0,372.$$

Оценка значимости W производилась по критерию Пирсона χ^2 :

$$\chi^2 = m \cdot (n-1) \cdot W = 8 \cdot (6-1) \cdot 0,372 = 14,48.$$

По данным [2, 3] для 2 % уровня значимости при 5 степенях свободы $\chi^2_{табл.} = 13,4 < 14,48$, что свидетельствует о достаточно высокой вероятности неслучайной согласованности мнений экспертов.

Аналогично проверялась согласованность мнений группы экспертов по оценкам локальных качеств (табл. 4, 5). Расчеты показали, что для дизельных автомобилей $W = 0,336$, $\chi^2 = 13,44$; для бензиновых автомобилей – $W = 0,280$, $\chi^2 = 11,20$. По данным [2, 3] для 5 % уровня значимости при 5 степенях свободы $\chi^2_{табл.} = 11,1 < 13,44$ и $\chi^2_{табл.} = 11,1 < 11,20$, что свидетельствует о достаточно высокой вероятности неслучайной согласованности мнений экспертов.

Анализируя данные табл. 2, 4, 5 и результаты расчета интегральных показателей качества по уравнениям (8), (9), можно сделать следующие выводы:

1. Интегральный показатель качества транспортных средств с бензиновыми двигателями ($Q = 0,624$) выше интегрального показателя качества транспортных средств с дизельными двигателями ($Q = 0,426$). Этот результат полностью не соответствует современной мировой тенденции оснащения легковых автотранспортных средств дизельными или бензиновыми двигателями, но в полной мере отвечает сопоставлению мнений в среде потребителей по отношению плюсов и минусов данных типов автотранспорта.

2. Для транспортных средств с дизельными двигателями только лишь один показатель – функциональная надежность (X_2) по оценкам экспертов превышает соответствующий показатель для транспортных средств с бензиновыми двигателями; при этом показатель конструктивной безопасности дизельных автомобилей (X_1) более чем в два раза ниже соответствующего показателя для бензиновых автомобилей.

3. С точки зрения доминирования самым важным оказался показатель конструктивной безопасности (в отношении ДТП), за ним следует показатель надежности, на третьем месте – показатель топливной экономичности, на четвертом месте – показатель пожарной безопасности, пятое и шестое места поделили показатели химического загрязнения окружающей среды и шум, вибрация.

Полученное распределение, соответствующее сложившимся в РФ к 2011 г. представлениям в среде массового потребителя автотранспорта, абсолютно не соответствует реальной опасности современного противостояния автомобильного транспорта и биосферы – единственной естественной среды жизни человека [4].

4. В такой постановке разработанный метод квалиметрии в целях технической диагностики безопасности автотранспорта является оригинальным, примененным впервые.

Литература

1. Ложкин В.Н. Надежность технических систем и техногенный риск: учебник / В.С. Артамонов, Ю.Г. Баскин, В.Н. Ложкин [и др.] / под общ. ред. В.Н. Ложкина. СПб.: СПб университет ГПС МЧС России, 2009. 482 с.

2. Азгальдов Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров. Основы квалиметрии. М.: Экономика, 1982.

3. Некоторые вопросы применения квалиметрии в рыночной экономике. Проблемы создания регулируемого рынка. М.: Изд. ЦЭМИ РАН, 1991.

4. Ложкин В.Н., Ложкина О.В. Автомобильный транспорт и судьба биосферы – можно ли избежать противостояния? // Научно-теоретический журнал «Общество. Среда. Развитие». СПб. 2011. № 2. С. 208–214.