

Владимир Н. Козловский, Алексей В. Заятров, Наталья В. Афиногентова
**МЕТОДИКА РАНЖИРОВАНИЯ ПРОБЛЕМ КАЧЕСТВА
ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ
ПО ЭКОНОМИЧЕСКИМ КРИТЕРИЯМ**

В статье разработан комплекс аналитических инструментов ранжирования отказов на основе критериев частоты возникновения и средних затрат на их устранение на этапах жизненного цикла продукции, на примере автомобилей. Реализация разработанного методического подхода проведена на основе электронной базы данных по отказам в гарантии продукции одного из ведущих брендов автопроизводителей, с использованием разработанного программного комплекса в среде MATLAB. Полученные в ходе работы результаты доказали эффективность предложенной методики и нашли свое применение в практике одного из ведущих автопроизводителей.

Ключевые слова: качество; надежность; ремонтпригодность; удовлетворенность потребителей; автомобиль.

Форм. 20. Рис. 11. Табл. 2. Лит. 14.

Володимир Н. Козловський, Олексій В. Заятров, Наталія В. Афіногентова
**МЕТОДИКА РАНЖУВАННЯ ПРОБЛЕМ ЯКОСТІ
ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ
ЗА ЕКОНОМІЧНИМИ КРИТЕРІЯМИ**

У статті розроблено комплекс аналітичних інструментів ранжування відмов на основі критеріїв частоти виникнення і середніх витрат на їх усунення на етапах життєвого циклу продукції, на прикладі автомобілів. Реалізацію розробленого методичного підходу проведено на основі електронної бази даних по відмовах в гарантії продукції одного з провідних брендів автовиробників, з використанням розробленого програмного комплексу в середовищі MATLAB. Отримані в ході роботи результати довели ефективність запропонованої методики та знайшли своє застосування в практиці одного з провідних автовиробників.

Ключові слова: якість; надійність; ремонтпридатність; задоволеність споживачів; автомобіль.

Vladimir N. Kozlovskiy¹, Aleksey V. Zayatrov², Natalya V. Afinogentova³
**METHODOLOGY FOR QUALITY PROBLEMS RANKING
FOR HIGH-TECH PRODUCTS IN ENGINEERING
BY ECONOMIC CRITERIA**

The paper presents the developed set of analytical tools for ranging failures, basing on the criteria of frequency of occurrence and the average cost of their removal, by the stages of product life cycle, on the example of automobiles. The implementation of this methodology has been conducted on the basis of electronic database of failures in the guarantee production of one of the leading brands of car manufacturers, using the developed software via MATLAB. The results obtained proved the effectiveness of the proposed method and have been applied in practice by one of the leading automanufacturers.

Keywords: quality; reliability; maintainability; customer satisfaction; car.

Постановка проблеми. Оценка экономической эффективности продукции должна интегрировать в себе критерии, связанные с надежностью, через

¹ Samara State Technical University, Russia.

² Tolyatti State University, Russia.

³ Volga Region State University of Service, Tolyatti, Russia.

показатели безотказности и ремонтпригодности. Данное утверждение актуально практически для всех этапов жизненного цикла продукции, тем более, что на практике конструкторская ошибка обходится в десятки раз дороже, чем ошибка производственная. Иными словами, для обеспечения хороших показателей безотказности продукции в эксплуатации, кроме прочего, необходимо создать систему эффективного ранжирования проблем на этапах проектирования производства и эксплуатации. Такая система, с одной стороны, позволит оперативно вскрывать и решать текущие проблемы качества, а с другой — обеспечивает создание перспективного задела решенных проблем, что станет фундаментом для улучшения качества и конкурентоспособности продукции в будущие периоды [4; 5; 14].

Рассматривая современный высокотехнологичный продукт машиностроения, к числу которых относится автомобиль, можно выделить несколько проблемных вопросов, которые должны быть отражены при решении задачи, связанной с разработкой методологии ранжирования отказов. Во-первых, современный автомобиль состоит из десятков тысяч деталей, узлов и агрегатов, что требует формализации перечня отказов через стандартизированный кодификатор. Во-вторых, устранение отказов, возникших в сложном техническом объекте, должно быть нормировано с точки зрения трудоемкости и затрат. В третьих, компания автопроизводитель должна наладить системную практику получения данных о качестве продукции в процессе проектирования, производства и эксплуатации. Разрешение выделенных вопросов в современной практике осуществляется путем разработки корпоративных информационных систем, в которых в виде электронных каталогов заносятся соответствующие параметры. Наиболее сложным является решение третьей проблемы, поскольку в данном случае требуется организовать систему постоянного потока данных о проблемах качества продукции в действующем производстве и в эксплуатации, который обеспечивает необходимый информационный объем для проведения мониторинга эффективности качества (рис. 1). Разработка и реализация организационно-технических мероприятий, решающих выделенные проблемы — это один из основных приоритетов компаний в деле создания и совершенствования корпоративной системы менеджмента качества. Именно на данном этапе встает актуальная задача — создание и внедрение в практику инструментария управлением данными, который обеспечивает быстроту и полноту раскрытия проблем качества продукции с позиций безотказности и ремонтпригодности.

Анализ последних исследований. До недавнего времени в практике многих российских компаний при ранжировании отказов по сути учитывался один параметр — частота или приведенный, например, к гарантийному парку, уровень отказов по определенному коду кодификатора [2; 4]. При этом экономический аспект, связанный с затратами на устранение отказа в условиях предприятий фирменного автосервиса, считался второстепенным. Однако, конкурентная среда, в условиях которой, сегодня работают национальные автопроизводители, предопределила необходимость многофакторного исследования проблем качества и надежности, исходя из уровня безотказности и денежного эквивалента трудоемкости устранения отказов машиностроительной

продукции [9]. В настоящее время активно развивается методология многофакторного исследования критериев эффективности качества продукции, в решении задачи ранжирования проблем [1; 10–12]. Именно поэтому в представленной работе предлагается методика вскрытия ключевых проблем качества высокотехнологичной продукции машиностроения, ориентированная на предприятия массового производства, реализация которой в виде программных кодов обеспечивает рост эффективности аналитических процессов управления качеством [8].

Целью исследования является разработка методики ранжирования проблем качества высокотехнологичной продукции машиностроения в массовом производстве с реализацией разработанных алгоритмов и программных комплексов, обеспечивающих эффективный процесс мониторинга качества продукции, в практике крупного автопроизводителя.

Основные результаты исследования. Анализ спектра проблем в области качества высокотехнологичной продукции машиностроения показывает, что как его величина, так и состав не являются постоянными для различных месяцев выпуска. Часть проблем постоянна, т.е. они появляются на автомобилях всех (или практически всех) месяцев выпуска. Другие характерны только для автомобилей данного или нескольких месяцев выпуска (например, в определенный сезон года, одной партии и т.п.) и не встречаются на других автомобилях [1; 3; 5; 6].

Для решения задачи определения стабильности проявления проблем рассмотрим количество месяцев выпуска, в которых проявлялся каждая из проблем, на примере данных по гарантии одного из ведущих автопроизводителей России за 2014 г. (табл. 1).

Таблица 1. Стабильность проявления проблем качества*

Длительность проявления, мес.	Величина перечня	Количество проявлений проблем	Затраты на устроение, руб.	Среднее количество проявлений	% от перечня	Нарастающий % от перечня	% от количества дефектов	% от затрат
1	300	350	372210	1,2	20,3	20,3	0,4	0,4
2	177	468	504716	2,6	12,0	32,2	0,5	0,6
3	130	655	897431	5,0	8,8	41,0	0,7	1,1
4	168	1312	1190105	7,8	11,4	52,4	1,4	1,4
5	140	2280	3490810	16,3	9,5	61,8	2,4	4,2
6	565	88010	76763223	155,8	38,2	100,0	94,6	92,2

* составлено по данным [8, 62–66].

Как видно из табл. 1, в перечне присутствуют «постоянные» проблемы, проявляющиеся на автомобилях всех (6) анализируемых месяцев выпуска. Доля таких проблем составляет более 38% от полного перечня.

Из вышеизложенного следует, что для анализа проблем с целью применения к причинам корректирующих действий нет необходимости исследовать их все. Достаточно взять только «постоянные», т.к. на них приходится 94,6% всех проявлений и 92,2% всех затрат на устранение проблем в гарантии.

Практика показує, що для проявлення проблем в період гарантійної експлуатації потребується час, пов'язаний як з довготривалістю надходження автомобіля до споживача (доставка автомобіля до дилера, покупка), так і з початком і інтенсивністю фактичної експлуатації (різною для різних споживачів). Таким чином, отримати найбільш повну інформацію про експлуатацію автомобіля в гарантійний період можливо не раніше ніж через 30 місяців після випуску. Естественно, планування і застосування коректуючих дій до цього моменту стає повністю не актуальним. Тому пропонується розглядати проблеми, що проявляються на автомобілях тільки за певний (зкорочений) період експлуатації (кількість повних місяців, що пройшли з дати продажу до дати виявлення дефекту). Як період експлуатації взято 6 місяців, оскільки за цей період виявляється основна частина дефектів, що несуть основну частину витрат. За 6 місяців експлуатації виявляється 70% дефектів (рис. 1а) гарантійної експлуатації (при річній гарантії). Витрати на їх усунення становлять приблизно 70% загальних витрат (рис. 1б) періоду гарантійної експлуатації.

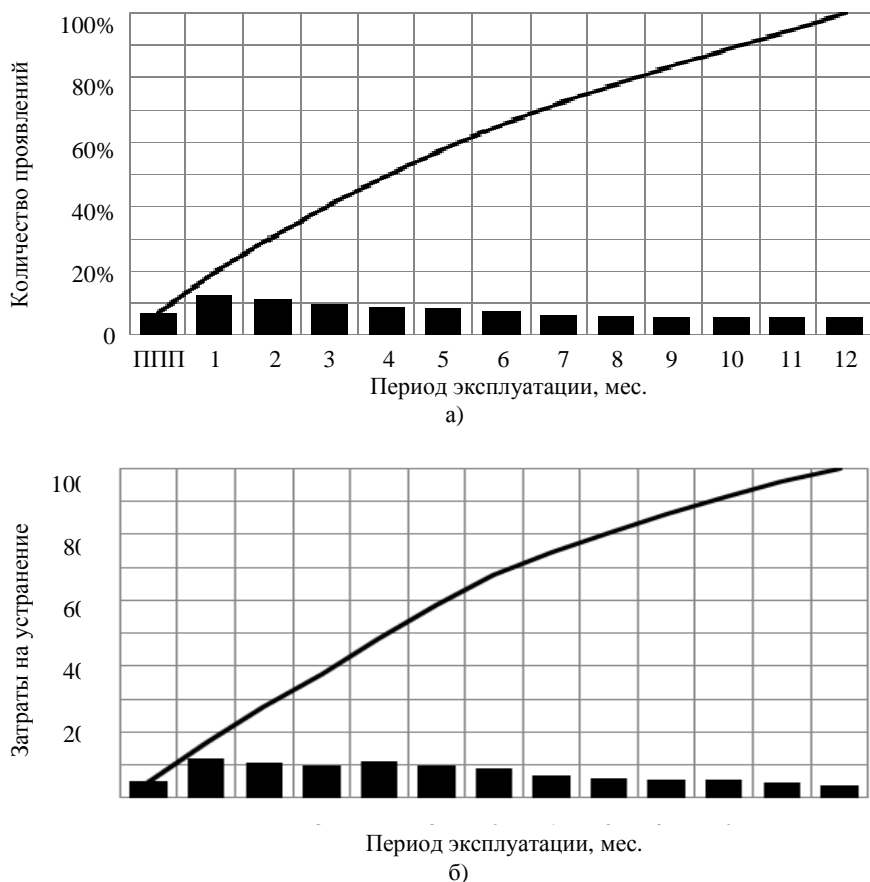


Рис. 1. Кількість проявлень проблем якості (а) і витрати на їх усунення (б) в залежності від періоду експлуатації, побудовано за даними [8, 51, 52]

Выбор длительности периода анализа определяется исходя из целей ранжирования проблем. При этом не рекомендуется брать длительность периода анализа менее 3 месяцев, т.к. анализ таких линейных трендов не имеет смысла (через две точки можно провести только одну прямую). Рассмотрение слишком длинных периодов анализа и, соответственно, линий тренда параметров проблем может существенно исказить ситуацию, т.к. происходит значительный «уход в прошлое». В качестве периода анализа рассматривается равный 6 месяцев.

Начало (конец) периода анализа для ранжирования проблем гарантийной эксплуатации тесно связано с длительностью периода эксплуатации, т.к. необходимо обеспечить одинаковые (по длительности) условия эксплуатации автомобилей всех анализируемых месяцев выпуска [10]. Схема выбора периода анализа для ранжирования проблем качества в гарантийной эксплуатации при выбранном периоде эксплуатации 6 мес. приведена на рис. 2.

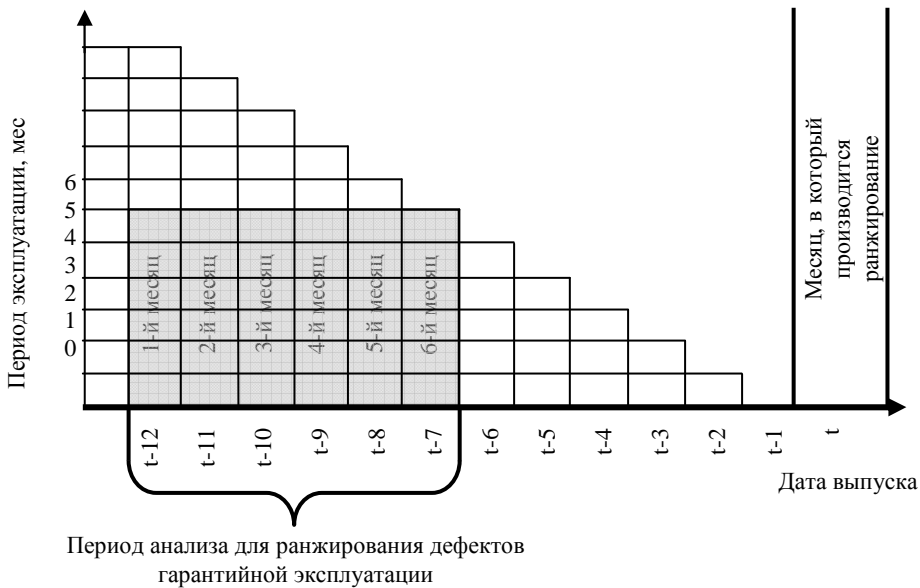


Рис. 2. **Определение периода анализа для ранжирования дефектов гарантийной эксплуатации, построено по данным [8, 65–68]**

Каждая проблема в области качества характеризуется набором элементарных показателей: частотой возникновения (количеством дефектов на один выпущенный автомобиль); значимостью (затратами или трудоемкостью устранения); трендом частоты возникновения [2]. Для преобразования значений различных элементарных показателей проблемы в сопоставимые (безразмерные) единицы производится их перевод в ранги с помощью шкал. Ранг показателя проблемы представляет собой результат сопоставления значения элементарного показателя с его граничными значениями (например, минимальным и максимальным). После того как элементарные значения показателей проблемы переведены в соответствующие ранги, производится их свертка в комплексный показатель – приоритетное число риска (ПЧР).

Как показывает практика, ранжирование проблем качества только по одному признаку (например, массовости или затратам) не является эффективным. Проводить корректирующие действия необходимо как для массовых, но малозначительных, так и для более редких, но значимых (дорогостоящих) дефектов, несоответствий или отказов (рис. 3–4). Ранжирование проблем качества необходимо производить ежемесячно. Месяц, в который производится ранжирование, называется расчетным.

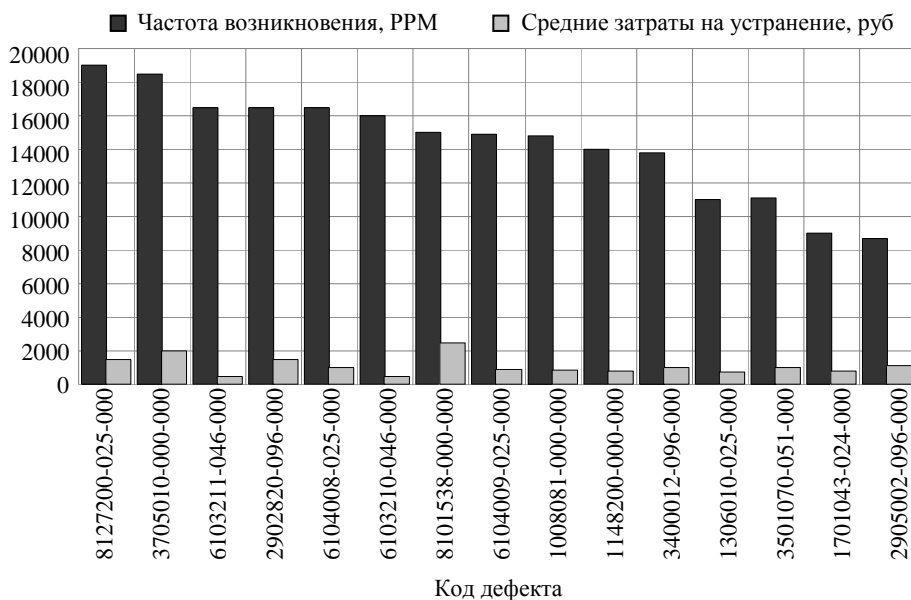


Рис. 3. Ранжирование проблем качества автомобилей в эксплуатации по частоте возникновения дефектов, построено по данным [8, 86–95]

Для определения приоритета устранения той или иной проблемы необходим комплексный показатель, включающей как минимум оценку массовости и оценку значимости (рис. 5).

Для каждой i -й проблемы рассчитывается количество ее проявлений на автомобилях, выпущенных в каждом месяце периода анализа $D_1^i, D_2^i, \dots, D_N^i$, где N – количество месяцев периода анализа влияния сезонности.

Для каждой проблемы вычисляется частота возникновения в каждом месяце анализа по формуле:

$$\bar{d}_n^i = \frac{D_n^i}{V_n} \times 10^6, \quad (1)$$

где n – порядковый номер месяца анализа влияния сезонности ($n = \overline{1, N}$); V_n – количество автомобилей, выпущенных в каждом месяце.

Также в последнее время на первый план выходит задача наискорейшего обнаружения проблем, вероятность проявления которых на автомобиле растет (рис. 6). Поэтому для выделения проблем качества, причины которых

необходимо усунути в першу череду, пропонується також учити тренд частоти виникнення или тенденції змнення (роста или зниження) вероятности проявлення.

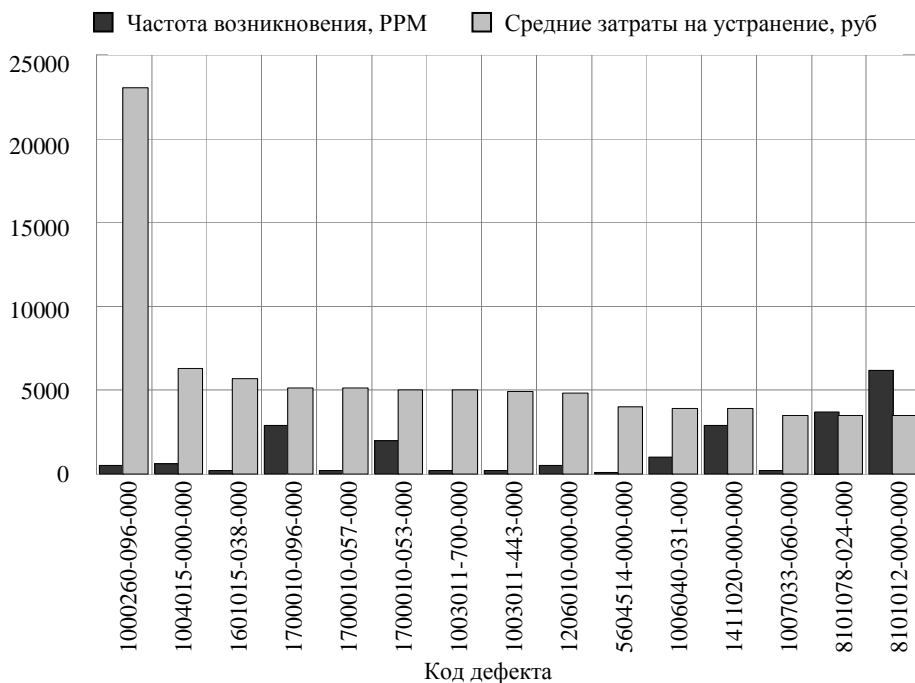


Рис. 4. Ранжирование проблем качества автомобилей в гарантийной эксплуатации по средним затратам на их усунення, построено по данным [8, 300–310]

Проявление некоторых проблем подвержено влиянию сезонных факторов (рис. 7), таких как различная интенсивность эксплуатации автомобилей, различные задержки продаж автомобилей (разница между датами выпуска и продажи автомобиля) и т.п. Вероятность проявления таких дефектов изменяется периодически (или описывается гармонической функцией). Следовательно, оценивание тенденций изменения проблем будет значительно зависеть от периода года, в который проводится анализ [8; 12; 13].

Для снижения влияния сезонных факторов на результаты ранжирования необходимо проанализировать наличие сезонной составляющей во временном ряде, описывающем поведение частоты проявления дефекта, и, в случае ее значимости, провести коррекцию с целью снижения влияния сезонности. Необходимо отметить, что сезонность может оказывать влияние не только на частоту проявления дефектов, но и на затраты. В случае необходимости можно провести аналогичные исследования для затрат.

Для всех рассматриваемых проблем качества продукции вычисляются параметры линии тренда частоты возникновения дефекта b_i и k_i , которые определяются по формулам:

$$b^i = \frac{\left(\sum_{n=1}^N n^2\right) \times \left(\sum_{n=1}^N \bar{d}_n^i\right) - \left(\sum_{n=1}^N n\right) \times \left(\sum_{n=1}^N n \times \bar{d}_n^i\right)}{N \cdot \left(\sum_{n=1}^N n^2\right) - \left(\sum_{n=1}^N n\right)^2}; \quad (2)$$

$$k^i = \frac{N \times \left(\sum_{n=1}^N n \times \bar{d}_n^i\right) - \left(\sum_{n=1}^N n\right) \times \left(\sum_{n=1}^N \bar{d}_n^i\right)}{N \cdot \left(\sum_{n=1}^N n^2\right) - \left(\sum_{n=1}^N n\right)^2}. \quad (3)$$

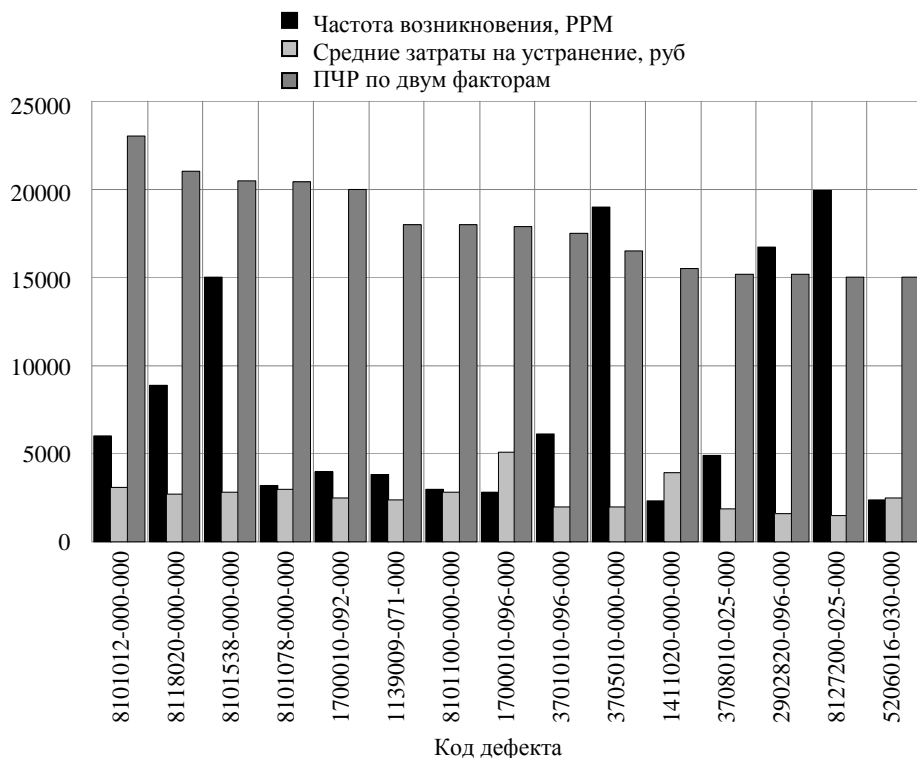
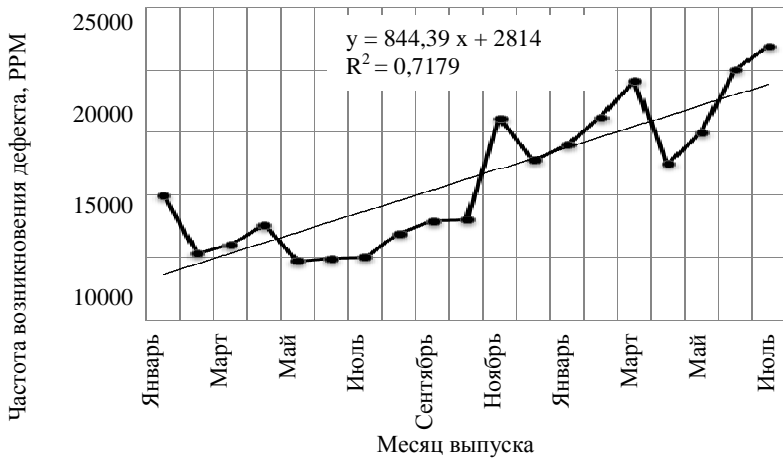


Рис. 5. Ранжирование проблем качества автомобилей по совокупности двух факторов: частоте возникновения и средним затратам на усунення, построено по данным [8, 86–95, 300–310]

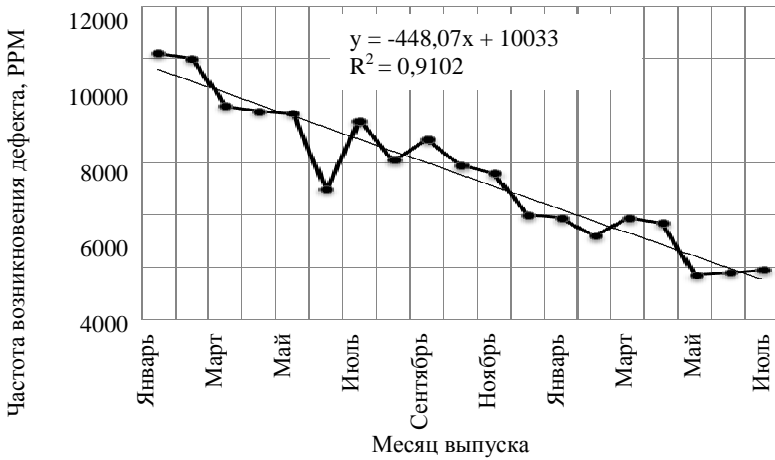
Определение «остатков» после линейного приближения проводится по формуле:

$$\bar{\sigma}_n^i = \bar{d}_n^i - b^i - k^i n, n = \overline{1, N}. \quad (4)$$

Для полученного ряда «остатков» по каждому дефекту определяются параметры гармонического тренда: амплитуда a^i и начальная фаза τ_0^i по следующему алгоритму.



а)



б)

Рис. 6. Динамика частоты возникновения «растущей» 8127200-025-000 (а) и «снижающейся» 1700010-096-000 (б) проблем качества, построено по данным [8, 111–113]

Для 6 возможных значений начальной фазы $\tau = \overline{0,5}$ вычисляются предполагаемые амплитуды a_0^i, \dots, a_5^i гармонического тренда по формуле:

$$a_{\tau}^i = \frac{\sum_{n=1}^N \left[\bar{\sigma}_n^i \times \sin\left(\frac{\pi}{6}(n+\tau)\right) \right]}{\sum_{n=1}^N \left[\sin\left(\frac{\pi}{6}(n+\tau)\right) \right]^2}. \quad (5)$$

В качестве амплитуды гармонического тренда a^i из a_0^i, \dots, a_5^i выбирается максимальная по модулю предполагаемая амплитуда.

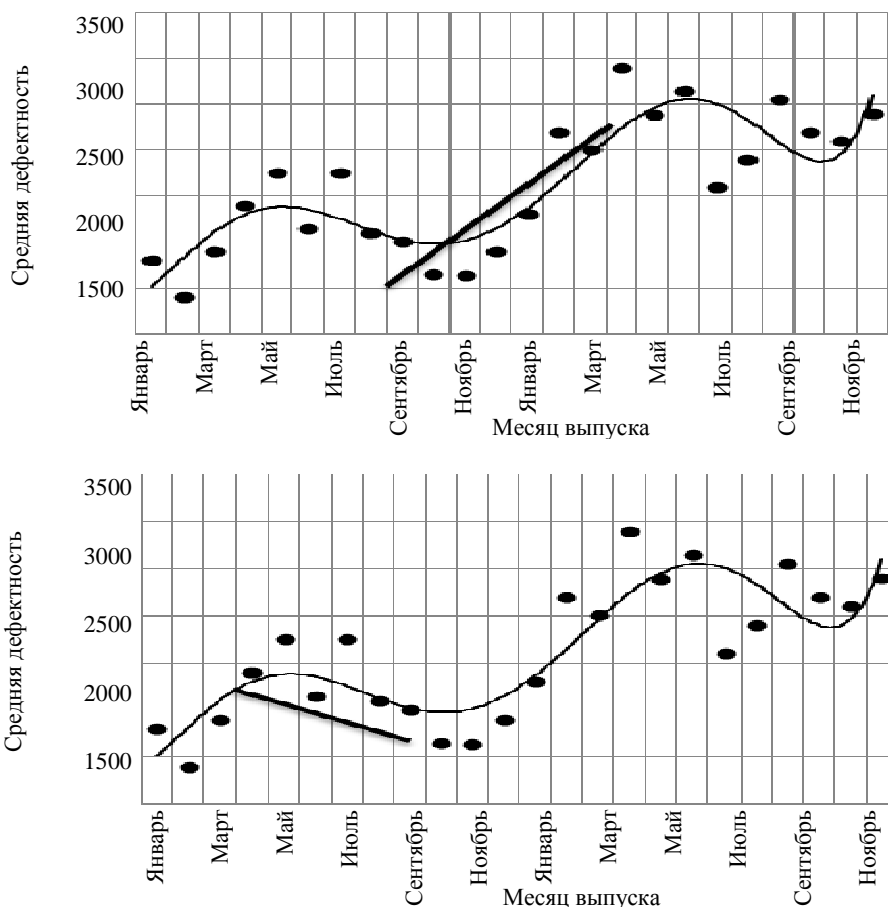


Рис. 7. Иллюстрация влияния сезонности (дефект 6105013-056-001), построено по данным [8, 111–113]

В качестве начальной фазы τ_0^i из $\tau = \overline{0,5}$ выбирается фаза, при которой достигается максимальная амплитуда из a_0^i, \dots, a_5^i .

Таким образом, гармоническое уравнение, описывающее тенденции изменения «остатков», имеет вид:

$$\tilde{d}_n^i = a^i \times \sin\left(\frac{\pi}{6}(n + \tau_0^i)\right), \quad n = \overline{1, N}, \quad (6)$$

где τ_0^i – начальная фаза, полученная с учетом поправки.

С учетом (4) и (6) уравнение, описывающее тенденции изменения частоты возникновения комбинацией линейного и гармонического трендов, имеет вид:

$$\tilde{d}_n^i = b^i + k^i n + a^i \times \sin\left(\frac{\pi}{6}(n + \tau_0^i)\right), \quad n = \overline{1, N}. \quad (7)$$

Оценка качества приближения фактических значений линейным трендом рассчитывается по формуле:

$$F_{\text{ЛИН}} = \sum_{n=1}^N [\bar{\sigma}_n^i]^2 \quad (8)$$

Оценка качества приближения фактических значений комбинацией линейного и гармонического трендов рассчитывается по формуле:

$$F_{\text{ЛИН+ГАРМ}} = \sum_{n=1}^N [\bar{d}_n^i - \tilde{d}_n^i]^2 \quad (9)$$

Влияние гармонической составляющей тренда (и, следовательно, влияние сезонности на частоту проявления дефекта) признается значимым, если:

$$\frac{F_{\text{ЛИН+ГАРМ}}}{F_{\text{ЛИН}}} \geq 1,5.$$

Для каждой i -й из отобранной проблем рассчитывается: количество ее проявлений на автомобилях, выпущенных в каждом месяце периода анализа $D_1^i, D_2^i, D_3^i, D_4^i, D_5^i, D_6^i$; затраты на устранение проблемы Z^i за весь период анализа.

Для проблем, влияние сезонности на которые признано значимым, проводится коррекция частоты возникновения в каждом месяце периода анализа по формуле:

$$\tilde{d}_n^i = \bar{d}^i - a^i \times \sin\left(\frac{\pi}{6}(n + \tau_0^i + g - 2)\right), \quad (10)$$

где a^i и τ_0^i – параметры гармонического тренда (амплитуда и начальная фаза); g – порядковый номер первого месяца анализа в календарном году ($g = \overline{1,12}$).

Частота возникновения проблемы за весь период анализа (в PPM) рассчитывается по формуле:

$$\bar{d}_n^i = \frac{D^i}{\sum_{n=1}^6 V_n} \times 10^6, \quad (11)$$

где V_n – количество автомобилей, выпущенных в каждом месяце периода анализа.

Значимость проблемы в гарантийной эксплуатации оценивается как средние затраты на устранение одного проявления за период анализа по формуле:

$$\bar{z}^i = \frac{Z^i}{D^i}. \quad (12)$$

Тренд частоты возникновения (с учетом его значимости) определяется по формуле:

$$tr^i = \frac{k^i}{b^i + k^i} \times (R^i)^2 \times 100\%, \quad (13)$$

где b_i и k_i – коэффициенты линии тренда частоты возникновения дефекта, которые определяются по формулам, полученным по методу наименьших квадратов:

$$b^i = \frac{91 \sum_{n=1}^6 \bar{d}_n^i - 21 \left(\sum_{n=1}^6 n \times \bar{d}_n^i \right)}{105}; \tag{14}$$

$$k^i = \frac{6 \sum_{n=1}^6 n \times \bar{d}_n^i - 21 \sum_{n=1}^6 \bar{d}_n^i}{105}, \tag{15}$$

где $(R^i)^2$ – коэффициент корреляции, рассчитываемый по формуле:

$$(R^i)^2 = \frac{\left(6 \sum_{n=1}^N n \times \bar{d}_n^i - 21 \left(\sum_{n=1}^N \bar{d}_n^i \right) \right)^2}{105 \times \left(6 \sum_{n=1}^N (\bar{d}_n^i)^2 - \left(\sum_{n=1}^N \bar{d}_n^i \right)^2 \right)}. \tag{16}$$

Ранг частоты возникновения проблемы ($R_{\text{ВОЗН}}^i$) – балльная оценка вероятности появления проблемы качества на выпущенном автомобиле – рассчитывается по формуле:

$$R_{\text{ВОЗН}}^i = \begin{cases} 10 - 9 \times \left| 1 - \frac{\bar{d}^i}{\bar{d}^*} \right|^s, & \bar{d}^i \leq \bar{d}^*, \\ 10, & \bar{d}^i > \bar{d}^* \end{cases}, \tag{17}$$

где \bar{d}^* – граничное значение частоты возникновения проблемы; s – параметр функции перевода (при $s = 1$ функция перевода линейная, при $s = 2$ – квадратичная и т.д.).

Вид зависимости ранга возникновения от частоты возникновения (при $s = 4$ и $\bar{d}^* = 10000$ PPM) приведен на рис. 8.

Ранг значимости ($R_{\text{ЗН}}^i$) – балльная оценка затрат на устранение проблемы в гарантийной эксплуатации – рассчитывается по формуле:

$$R_{\text{ЗН}}^i = \begin{cases} 10 - 9 \times \left| 1 - \frac{\bar{z}^i}{\bar{z}^*} \right|^s, & \bar{z}^i \leq \bar{z}^*, \\ 10, & \bar{z}^i > \bar{z}^* \end{cases}, \tag{18}$$

где \bar{z}^* – граничное значение средних затрат на устранение одного проявления проблемы; s – параметр функции перевода.

Вид зависимости ранга значимости от средних затрат на устранение проблемы (при $s = 4$ и $\bar{z}^* = 6000$ руб.) приведен на рис. 9.

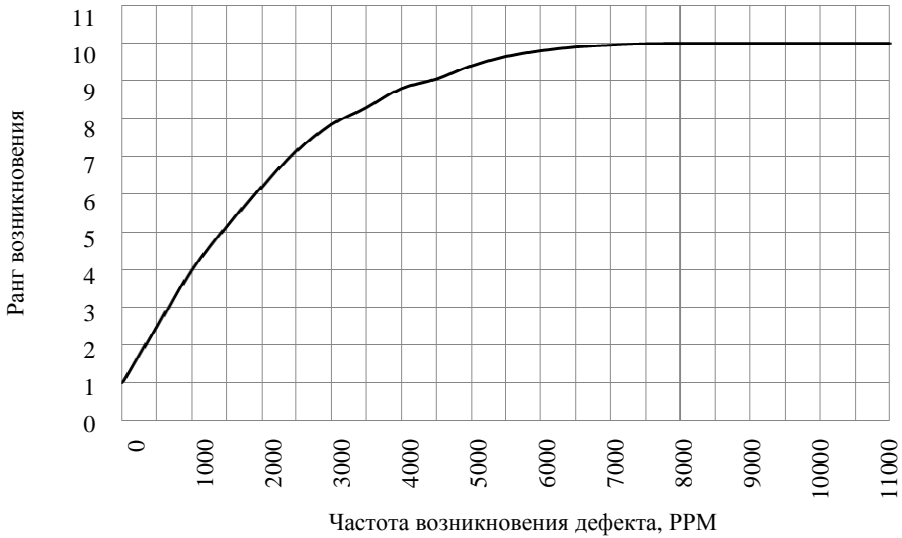


Рис. 8. Вид шкали для ранга виникнення, побудовано по даним [5, 547–550]

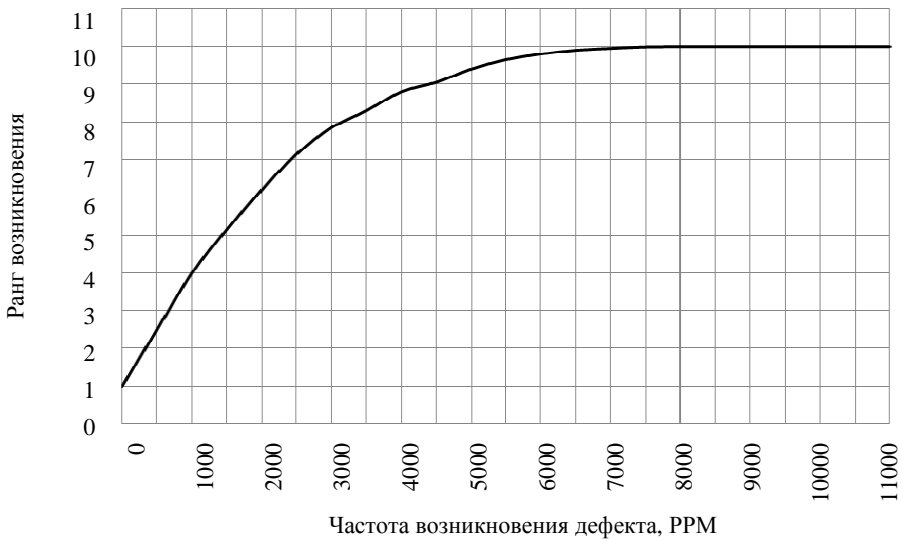


Рис. 9. Вид шкали для ранга значимости, побудовано по даним [5, 547–550]

Ранг тренда (R_{TP}^i) – бальна оцінка тенденцій змінення дефектності во врені – рахується по формуле:

$$R_{3H}^i = \begin{cases} 1, & tr_* < tr^i \\ 10 - 9 \times \left| \frac{tr_* - tr^i}{tr_* - tr_*} \right|^8, & tr_* \leq tr^i \leq tr_* \\ 10, & tr^i > tr_* \end{cases} \quad (19)$$

где tr_* и tr^* – нижнее и верхнее граничные значения трендов соответственно; s – параметр функции перевода.

Вид зависимости ранга тренда от процента изменения частоты возникновения в месяц (при $s = 1$, $tr_* = -20\%$ и $tr^* = 20\%$.) приведен на рис. 10.

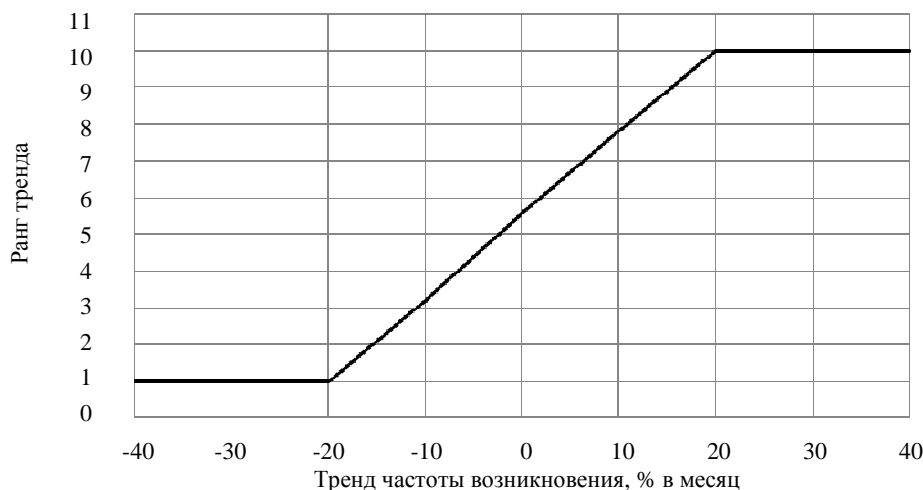


Рис. 10. Вид шкалы для ранга тренда, построено по данным [5, 499, 501]

Приоритетное число риска проблемы (ПЧР) определяется по формуле:

$$ПЧР = R_{\text{возн}} \times R_{\text{зн}} \times R_{\text{тр}}. \tag{20}$$

Ранжирование всех дефектов производится по убыванию значения ПЧР. Проблемы, имеющие наибольшее ПЧР, следует рассматривать для анализа их причин и планирования корректирующих действий, направленных на устранение наиболее значимых причин.

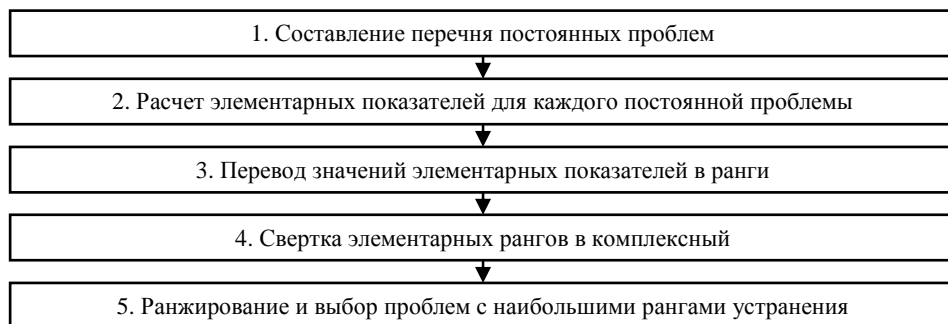


Рис. 11. Общая схема ранжирования проблем, построено по данным [5, 498]

Таким образом, алгоритм ранжирования проблем состоит из следующих этапов (рис. 11): получение перечня постоянных проблем качества продукции в анализируемый период; расчет значений элементарных показателей – для каждой постоянной проблемы осуществляется по формулам по всем показателям, входящим в комплексный ранг; перевод значений элементарных пока-

зателей в ранги осуществляется при помощи шкал перевода; свертка элементарных рангов в комплексный – ПЧР; ранжирование проблем по ПЧР и выбор объектов для корректирующих действий.

В качестве примера в табл. 2 приведены результаты ранжирования проблем качества автомобилей в гарантийной эксплуатации одного из ведущих брендов за 2014 год.

Таблица 2. Результаты ранжирования проблем качества*

№ п/п	Код и наименование проблемы качества	Частота возникновения	Загады	Тренд	Ранг возникновения	Ранг значимости	Ранг тренда	ПЧР
1	3701010-096-000 Шум при работе генератора	6253	1568	-0,03	9,8	7,3	5,5	395
2	1700010-092-000 Затруднено переключение передач	4125	2468	-4,03	8,9	8,9	4,6	366
3	8118020-000-000	8982	2076	-6,39	10,0	3,4	4,1	339
4	1411020-000-000	1998	3746	-0,19	6,3	9,8	5,5	338
5	8101538-000-000 Дефект заслонки управления отопителем	15121	1960	-6,41	10,0	8,2	4,1	331
6	8101078-000-000 Дефект электродвигателя с вентилятором	3573	3191	-6,87	8,5	9,6	4,0	320
7	3705010-000-000	19068	1370	-3,69	10,0	6,8	4,7	318
8	1008081-000-000	14407	538	10,99	10,0	3,8	8,0	305
9	3701051-000-000	2664	1605	0,00	7,4	7,4	5,5	301
10	3701010-145-000	2518	1622	0,00	7,2	7,5	5,5	294
11	5604514-227-000	633	2822	80,34	3,1	9,3	10,0	286
12	1700010-053-000	1705	5026	-2,37	5,7	10,0	5,0	285
13	8101100-000-000 Дефект заслонки канала отопителя	3053	2747	-7,08	7,9	9,2	3,9	285
14	3708010-025-000	4661	1306	-3,91	9,3	6,6	4,6	284
15	1701043-024-000	9469	845	-0,01	10,0	5,1	5,5	280
16	3705040-000-000	6058	315	43,92	9,8	2,7	10,0	268
17	3701010-179-002	2258	1589	-0,67	6,8	7,4	5,4	267
18	1139009-071-000	3638	2201	-8,89	8,5	8,6	3,5	255
19	5206016-030000 Разрушено ветровое стекло	2209	2437	-5,38	6,7	8,9	4,3	255
20	2215011-096-000 Шум левого привода передних колес	2550	1901	-5,96	7,2	8,0	4,2	242

* составлено по данным [8, 323].

Выводы и перспективы дальнейших исследований. Таким образом, в результате разработки и реализации методики ранжирования проблем качества высокотехнологичной продукции машиностроения получен комплексный программно-аналитический инструмент определения ключевых дефектов, несоответствий или отказов, которые наиболее существенно влияют на конкурентоспособность продукции. В качестве фундамента ранжирования

выбраны два показателя, определяющие частоту возникновения и затраты на устранения проблем.

Реализация разработанной методики ранжирования проблем качества на практике обеспечивает возможности для быстрого и объективного поиска наиболее важных проблем в области качества, что создает предпосылки для разработки и реализации глобальных корпоративных программ повышения конкурентоспособности продукции.

1. Анализ видов и последствий потенциальных отказов. FMEA. Ссылочное руководство / Пер. с англ. – Н.-Новгород: Приоритет, 2012. – 282 с.

2. *Брандт З.* Анализ данных. Статистические и вычислительные методы для научных работников и инженеров / Пер. с англ. – М.: Мир, 2003. – 686 с.

3. *Ватсон Г.* Методология «Шесть сигм» для лидеров, или как достичь 3,4 дефекта на миллион возможностей / Пер. с англ. А.Л. Раскина; Под науч. ред. Ю.П. Адлера. – М.: Стандарты и качество, 2006. – 224 с.

4. *Годлевский В.Е., Плотников А.Н., Юнак Г.Л.* Применение статистических методов в автомобилестроении / Под ред. А.В. Васильчука. – Самара: Перспектива, 2003. – 196 с.

5. *Годлевский В.Е., Юнак Г.Л.* Менеджмент качества в автомобилестроении: Монография / Под ред. А.В. Васильчука. – Самара: Офорт; Академический инжиниринговый центр, 2005. – 628 с.

6. *Козловский В.Н.* Обеспечение качества и надежности электрооборудования автомобилей: Монография. – Тольятти: ТГУ, 2009. – 274 с.

7. *Панюков Д.И., Заятров А.В.* Многофакторное исследование качества автомобилей // Грузовик.– 2015.– №7. – С. 3–9.

8. *Панюков Д.И., Козловский В.Н.* Комплекс обеспечения качества системы электрооборудования автомобилей: Монография. – Saarbrücken, Palmarium Academic Publishing, AV Akademikerverland GmbH&Co., Deutschland, 2014. – 360 с.

9. Перспективное планирование качества продукции и план управления. APQP. Ссылочное руководство / Пер. с англ. – Н.-Новгород: Приоритет, 2012. – 221 с.

10. *Строганов В.И.* Инновационные методы исследования качества и надежности автомобилей и автомобилей с гибридной силовой установкой: Монография. – М.: МАДИ, 2012. – 260 с.

11. *Строганов В.И.* Обеспечение качества электромобилей и гибридов в эксплуатации: Монография. – Saarbrücken, Palmarium Academic Publishing, AV Akademikerverland GmbH&Co., Deutschland, 2015. – 397 с.

12. *Строганов В.И., Клейменов С.И.* Модели аналитических исследований качества и надежности легковых автомобилей в эксплуатации // Автомобильная промышленность.– 2013.– №9. – С. 2–6.

13. *Строганов В.И., Козловский В.Н.* Аналитические исследования качества автомобилей в эксплуатации: Монография. – Saarbrücken, Palmarium Academic Publishing, AV Akademikerverland GmbH&Co., Deutschland, 2013. – 142 с.

14. *Ютт В.Е.* Математическое моделирование надежности системы электрооборудования современного легкового автомобиля // Электроника и электрооборудование транспорта.– 2009.– №1. – С. 31–34.

Стаття надійшла до редакції 5.10.2015.