

Владимир Н. Козловский, Дмитрий В. Антипов, Алексей В. Зятров
**МЕТОДОЛОГИЯ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
 КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЕЙ В ЭКСПЛУАТАЦИИ**

В статье представлены результаты разработки и реализации методологии анализа и прогнозирования качества новых автомобилей в период гарантийной эксплуатации. Предложен комплекс технико-экономических критериев оценки качества автомобилей в гарантии, который включает такие критерии: уровень дефектности; затраты на устранение дефектов в целом по автомобилям; затраты на запасные части, услуги, материалы; трудоемкость устранения дефектов автомобилей в эксплуатации; рекламируемость и т.д. Под каждый критерий разработаны математические модели расчета, обеспечивающие наиболее эффективный процесс автоматизированного мониторинга качества продукции в эксплуатации.

Ключевые слова: качество; надежность; ремонтпригодность; эксплуатация автомобиля; прогнозирование качества.

Форм. 55. Рис. 3. Табл. 1. Лит. 10.

Володимир Н. Козловський, Дмитро В. Антипов, Олексій В. Зятров
**МЕТОДОЛОГІЯ АНАЛІЗУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ
 ЯКОСТІ АВТОМОБІЛІВ В ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

У статті представлено результати розробки і реалізації методології аналізу і прогнозування якості нових автомобілів в період гарантійної експлуатації. Запропоновано комплекс техніко-економічних критеріїв оцінювання якості автомобілів в гарантії, що включає такі критерії: рівень дефектності; витрати на усунення дефектів у цілому по автомобілях; витрати на запасні частини, послуги, матеріали; трудомісткість усунення дефектів автомобілів в експлуатації; рекламованість тощо. Під кожен критерій розроблено математичні моделі розрахунку, що забезпечують найбільш ефективний процес автоматизованого моніторингу якості продукції в експлуатації.

Ключові слова: якість; надійність; ремонтпридатність; експлуатація автомобілю; прогнозування якості.

Vladimir N. Kozlovskiy¹, Dmitriy V. Antipov², Aleksey V. Zayatrov³
**METHODOLOGY FOR ANALYSIS AND FORECASTING
 OF CARS IN OPERATION QUALITY**

The article presents the results of the development and implementation of the methodology for analysis and forecasting of new vehicles quality in their maintenance period. A set of techno-economic criteria to assess the quality of cars under warranty is proposed. It includes: the defectiveness level; the cost of rectifying defects in the whole car; costs of spare parts, services and materials; complexity of defects elimination in vehicles in operation; advertisability etc. For each criterion a mathematical model is offered, providing the most effective automated monitoring of product quality in operation.

Keywords: quality; reliability; maintainability; car in operation; quality forecast.

Peer-reviewed, approved and placed: 25.04.2016.

Постановка проблеми. В структуре задач, связанных с организацией процесса мониторинга качества высокотехнологичной продукции, на этапах жизненного цикла методологические аспекты являются ключевыми, поскольку

¹ Samara State Technical University, Russia.

² Togliatti State University, Russia.

³ Togliatti State University, Russia.

от уровня их проработанности и формализации зависит эффективность процесса измерения и правильность принимаемых стратегических решений компании [2].

Практика показывает, что зачастую высшее руководство корпораций не в полной мере владеет всей информацией о технико-экономических характеристиках качества продукции. В то же время на экспертном уровне уже давно нашел признание тезис о ключевой важности показателей качества высоко-технологичной продукции и сопутствующих услуг в формировании конкурентоспособности.

Таким образом, становится понятно, что комплекс показателей отражающих технико-экономические характеристики качества автомобилей, разработанный с учетом современного состояния информационных технологий, требований международных стандартов, стратегического видения развития компании, является актуальной задачей, решение которой создает предпосылки для роста эффективности автопроизводителя.

Анализ последних исследований. Вопросы, связанные с разработкой методологических основ организации процесса мониторинга качества продукции на этапах жизненного цикла, не являются новыми. Каждая компания, проектирующая собственную систему менеджмента качества, в соответствии с требованиями ИСО 9001, обязательно проходит стадию разработки методов и методик определения основных критериев, отражающих качество процессов, продукции и услуг [2; 3]. В то же время, практика показывает, что существует определенная отраслевая специфика в решении задач по разработке методологии мониторинга качества продукции [8]. Автомобильную промышленность в этом плане следует рассматривать как своего рода локомотив, определяющий развитие методов и методик для многих смежных отраслей, поскольку именно на этапе производства автомобиля как конечного продукта можно учесть все аспекты формирования интегральной оценки качества. При разработке методологии оценки качества автомобилей в эксплуатации необходимо учесть ее многоплановость, поскольку система расчетов должна исходить из систем координат качества продукции для автопроизводителя, предприятий фирменной сервисной сети, а также конечных потребителей [4–6]. Наиболее понятными для перечисленных участников процесса количественными критериями оценки качества продукции будут показатели, отражающие уровень дефектности и затраты на обеспечение эксплуатационной эффективности транспортного средства [10]. В условиях массового производства автомобилей данные показатели и их различные интерпретации служат основой организации процесса мониторинга.

Целью исследования является разработка комплексной методологии расчета основных показателей организации процесса мониторинга качества автомобилей в период гарантийной эксплуатации с учетом массовости производственного процесса.

Основные результаты исследования. Внесем основные обозначения объектов анализа: автомобиль (все модели в целом) – A ; модель – M_i ; модификация – m_j ; группа – RS_i ; подгруппа – RP_i ; узел – RY_i ; деталь – RD_i ; дефект – D_i ; подразделение-виновник – W_i ; предприятие сервисно-сбытовой сети – Y_i ;

объем выпуска по объектам «Автомобиль», «Модель», «Модификация» – V ; количество зарекламированных объектов «Автомобиль», «Модель», «Модификация» – R ; трудоемкость устранения дефектов – T ; величина спектра дефектов – S_p .

Ниже приведены расчетные формулы для *определения показателей качества в рамках разрабатываемой комплексной методологии.*

Количество дефектов:

$$D = \sum_{i=1}^n D_i. \quad (1)$$

Затраты в целом (Z), затраты на услуги (ZY), запасные части (ZZ), материалы (ZM):

$$Z = \sum_{i=1}^n Z_i; \quad (2)$$

$$ZY = \sum_{i=1}^n ZY_i; \quad (3)$$

$$ZZ = \sum_{i=1}^n ZZ_i; \quad (4)$$

$$ZM = \sum_{i=1}^n ZM_i. \quad (5)$$

Средние затраты (общие, на услуги, зап/части, материалы) на один выпущенный автомобиль:

$$Z^V = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i}{V}; \quad (6)$$

$$ZY^V = \frac{\sum_{i=1}^n ZY_i}{V}; \quad (7)$$

$$ZZ^V = \frac{\sum_{i=1}^n ZZ_i}{V} \quad (8)$$

$$ZM^V = \frac{\sum_{i=1}^n ZM_i}{V}. \quad (9)$$

Средние затраты (общие, на услуги, зап/части, материалы) на один зарекламированный автомобиль:

$$Z^R = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i}{R}; \quad (10)$$

$$ZY^R = \frac{\sum_{i=1}^n ZY_i}{R}; \quad (11)$$

$$ZZ^R = \frac{\sum_{i=1}^n ZZ_i}{R}; \quad (12)$$

$$ZM^R = \frac{\sum_{i=1}^n ZM_i}{R}. \quad (13)$$

Средняя дефектность одного выпущенного автомобиля:

$$\bar{D}^V = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{V}. \quad (14)$$

Средняя дефектность одного зарекламированного автомобиля:

$$\bar{D}^R = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{R}. \quad (15)$$

Средняя трудоемкость устранения одного дефекта:

$$\bar{T} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{\sum_{i=1}^n D_i}. \quad (16)$$

Рекламируемость:

$$R^V = \frac{R}{V}. \quad (17)$$

Комплексная методология расчета показателей качества включает в себя такой критерий оценки, как величина спектра дефектов S_p , которая вычисляется по выборке из архива электронной базы данных дефектов (без учета повторяющихся).

Динамика показателей качества анализируется с помощью временных рядов, построенных по датам выпуска автомобилей. Временной ряд представляет собой последовательность значений показателей качества, расположенных по датам выпуска. Анализ временного ряда осуществляется с помощью построения линии тренда и оценки параметров.

Связь между значениями величин x и y для некоторой совокупности моделируется линейной зависимостью $y = \alpha + \beta x$ [1; 9]. Наличие случайных отклонений, вызванных воздействием на переменную y множества других, неучтенных в нашем уравнении, факторов и ошибок измерения, приводит к тому, что связь наблюдаемых величин x_i и y_i приобретет вид $y = \alpha + \beta x_i + \varepsilon_i$. Здесь ε_i – случайные ошибки (отклонения, возмущения). Задача состоит в том, чтобы по имеющимся данным наблюдений $\{x_i\}$ и $\{y_i\}$ определить оценки коэффициентов α и β .

По точкам наблюдения всегда можно построить прямую $y = \alpha + \beta x$, которая является ближайшей к точкам наблюдений. Критерием близости обычно служит минимум суммы квадратов разностей наблюдений зависимой пере-

менной y_i и теоретических значений, рассчитанных по уравнению прямой $y = \alpha + \beta x_i + \varepsilon_i$.

$$Q = \sum_i e_i^2 = \sum_i (y_i - (a + bx_i))^2 \rightarrow \min. \quad (18)$$

Минимизация Q выполняется методом наименьших квадратов. В уравнении линии тренда значимость оцененного коэффициента b проверяется с помощью анализа его отношения к своему стандартному отклонению $S_b = \sqrt{D(b)}$, где

$$D(b) = \frac{S^2}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}; \quad (19)$$

$$S^2 = \frac{\sum_i e_i^2}{n-2}; \quad (20)$$

$$e_i = y_i - a - bx_i. \quad (21)$$

Величина S_b в случае выполнения исходных предпосылок модели имеет t -распределение Стьюдента с $(n - 2)$ степенями свободы (n – число наблюдений) [9]:

$$t = \frac{b}{\sqrt{D(b)}} = \frac{b}{S_b}. \quad (22)$$

При оценке коэффициента b используется следующее правило. Если стандартная ошибка S_b коэффициента b больше его модуля ($|t| < 1$), он не может быть признан значимым. Если S_b меньше модуля коэффициента, но больше его половины ($1 < |t| < 2$), то оценка может рассматриваться как достаточно значимая. Значение $|t|$ от 2 до 3 свидетельствует о весьма значимой связи, при $|t| > 3$ есть практически достоверное свидетельство связи.

Дисперсия свободного члена уравнения регрессии равна

$$D(a) = D(b) \frac{\sum_i x_i^2}{n}. \quad (23)$$

Оценка статистической значимости коэффициента a осуществляется аналогично оценке коэффициента b с использованием t -распределения Стьюдента.

Для анализа общего качества полученного уравнения линии тренда используется коэффициент детерминации R^2 . Он является мерой, позволяющей определить, в какой степени найденная прямая лучше объясняет поведение зависимой переменной y , чем просто горизонтальная прямая $y = \bar{y}$. Если существует статистически значимая линейная связь, то коэффициент R^2 будет близок к единице [1; 9].

Коэффициент детерминации рассчитывается по формуле:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_i e_i^2}{\sum_i (y_i - \bar{y})^2}. \quad (24)$$

Для определения статистической значимости R^2 проверяется гипотеза о равенстве нулю коэффициента b уравнения регрессии (нулевая гипотеза). Необходимая F -статистика рассчитывается по формуле:

$$F = \frac{R^2(n-2)}{1-R^2}. \quad (25)$$

По таблицам для распределения Фишера находится критическое значение $F_{кр}$, если $F > F_{кр}$, нулевая гипотеза отвергается (соответственно, отвергается и то, что уравнение регрессии должно иметь вид $y = \bar{y}$).

Приведение и прогнозирование показателей качества. Приведение показателей качества. В силу того, что в гарантийной эксплуатации всегда присутствуют автомобили с незавершенным сроком гарантийной эксплуатации, значение количества дефектов на этих автомобилях оказывается неполным. Кроме того, на некоторых автомобилях дефекты просто не успевают проявиться. В связи с этим сначала решается задача приведения показателей качества автомобилей. Она состоит в том, чтобы предсказать будущие значения показателей качества по имеющимся неполным данным. Ниже излагается методика приведения на примере средней дефектности зарекламованного автомобиля:

1. По информации об автомобилях t последних месяцев выпуска, которые на момент анализа завершили гарантийную эксплуатацию, рассчитываются показатели с разбивкой по сроку гарантийной эксплуатации (за 1 месяц, за 2 месяца, за 3 и т.д.): A_t (A_T) – количество зарекламованных автомобилей/моделей/модификаций за t месяцев гарантийной эксплуатации (за полный срок гарантийной эксплуатации); D_t (D_T) – количество дефектов на автомобилях/моделях/модификациях за t месяцев гарантийной эксплуатации (за полный срок гарантийной эксплуатации).

2. Рассчитываются доли показателей для каждого срока гарантийной эксплуатации t :

$$P_t^A = \frac{A_t}{A_T}; \quad (26)$$

$$P_t^D = \frac{D_t}{D_T}. \quad (27)$$

3. Определяется коэффициент приведения показателя для каждого срока гарантийной эксплуатации t :

$$K_t^D = \frac{P_t^A}{P_t^D}. \quad (28)$$

4. Для получения приведенных значений средней дефектности фактические (неполные) значения средней дефектности умножаются на соответствующие коэффициенты приведения.

В качестве примера рассмотрим приведение средней дефектности легковых автомобилей одной из ведущих марок на момент анализа — июнь 2015 года. Для этого рассмотрим информацию по автомобилям, выпущенным с января по июнь 2013 г., т.к. они считаются завершившими период гарантийной эксплуатации на момент анализа.

По базе данных актов гарантийной эксплуатации для автомобилей этого периода выпуска рассчитаем количество зарекламированных автомобилей A_t и дефектов D_t и по различным срокам эксплуатации ($t = 0, 1, \dots, T$). Полученные данные приведены в табл. 1.

Таблица 1. Вычисление коэффициентов приведения для средней дефектности [5, 21]

t	0	1	2	...	T
A_t	202	963	1738	...	5755
D_t	371	2229	4706	...	34811
P_t^A	0,04	0,17	0,31	...	1
P_t^D	0,01	0,07	0,14	...	1
k_t^D	3,29	2,61	2,23	...	1

Вычислим доли зарекламированных автомобилей (рис. 1а) и проявившихся дефектов (рис. 1б) в зависимости от периода эксплуатации, соответственно (табл. 1).

Например, доли зарекламированных автомобилей равны:

$$P_0^A = \frac{202}{5755} = 0,04, \quad P_1^A = \frac{963}{5755} = 0,17, \quad \dots, \quad P_T^A = \frac{5755}{5755} = 1,$$

а доли количества проявившихся дефектов равны:

$$P_0^D = \frac{371}{34811} = 0,01, \quad P_1^D = \frac{2229}{34811} = 0,06, \quad \dots, \quad P_T^D = \frac{34811}{34811} = 1.$$

Коэффициенты приведения, представлены на рис. 2.

Для получения приведенных значений показателя реальные значения средней дефектности умножаются на соответствующие коэффициенты приведения. Например, для автомобиля выпуска мая 2015 г. на момент анализа прошел лишь 1 месяц гарантийной эксплуатации. Следовательно, для приведения их средней дефектности используется формула:

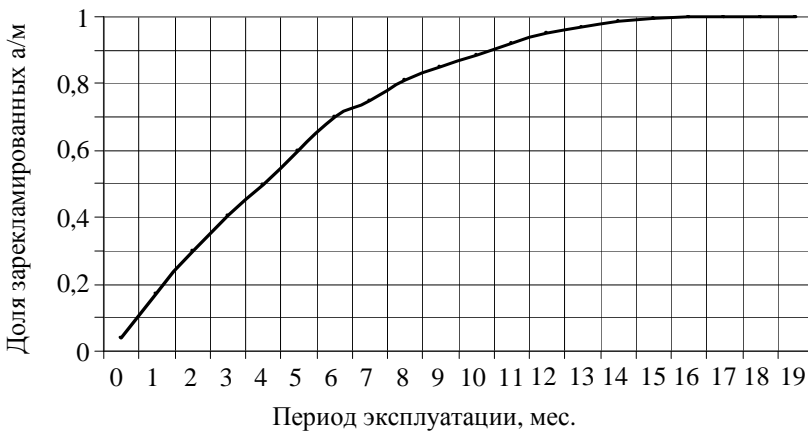
$$\bar{D}_{\text{прив}} = k_1^D \times \bar{D}, \quad (29)$$

где \bar{D} и $\bar{D}_{\text{прив}}$ — реальные (неполные) и приведенные значения средней дефектности одного зарекламированного автомобиля.

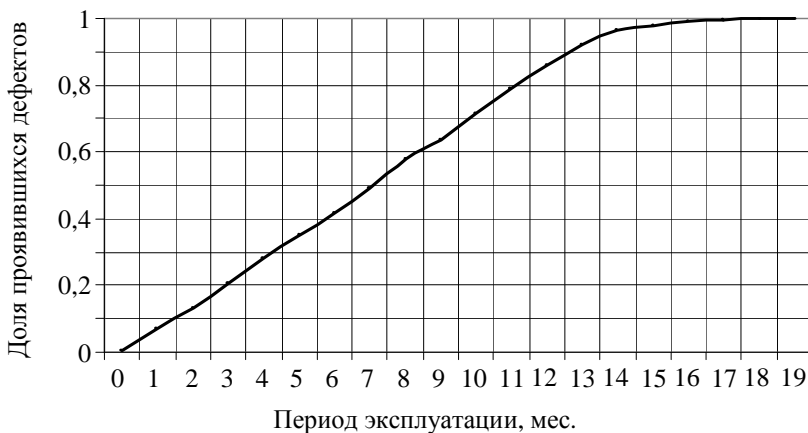
Реальные (неполные) значения и полученные приведенные значения средней дефектности одного зарекламированного автомобиля для остальных месяцев выпуска представлены на рис. 3.

Прогнозирование показателей качества выполняется по формуле:

$$y = ax + b + C \sin\left(\frac{2\pi}{12}x + d\right). \tag{30}$$



а)



б)

Рис. 1. Распределение зарекламованных автомобилей (а) и проявившихся дефектов (б), построено по данным [7, 263–280]

Параметры a и b находятся по методу наименьших квадратов. Для вычисления c и d используется процедура, основанная на методе наименьших квадратов в сочетании с методом Ньютона:

1. Исходные вычисления:

$$h_i = y_i^c - ax_i - b \quad i = 0, \dots, N-1, \tag{31}$$

где y_i^c – статистические значения показателя качества;

$$hs = \sum_i h_i \sin q_i; \tag{32}$$

$$hc = \sum_i h_i \cos q_i; \tag{33}$$

$$C = \sum_i \cos 2q_i; \quad (34)$$

$$S = \sum_i \sin 2q_i; \quad (35)$$

$$q_i = \frac{2\pi}{12} x_i. \quad (36)$$

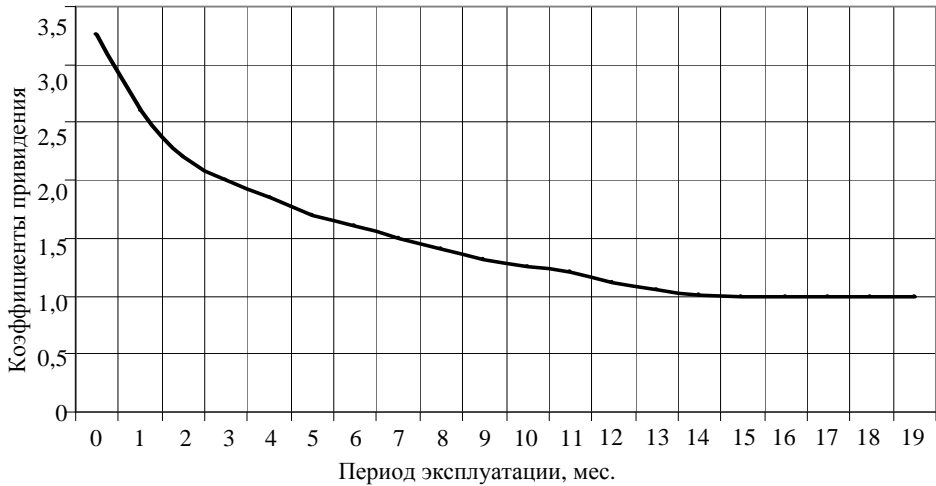


Рис. 2. Коефіцієнти приведення середньої дефектності, побудовано по даним [5, 21]

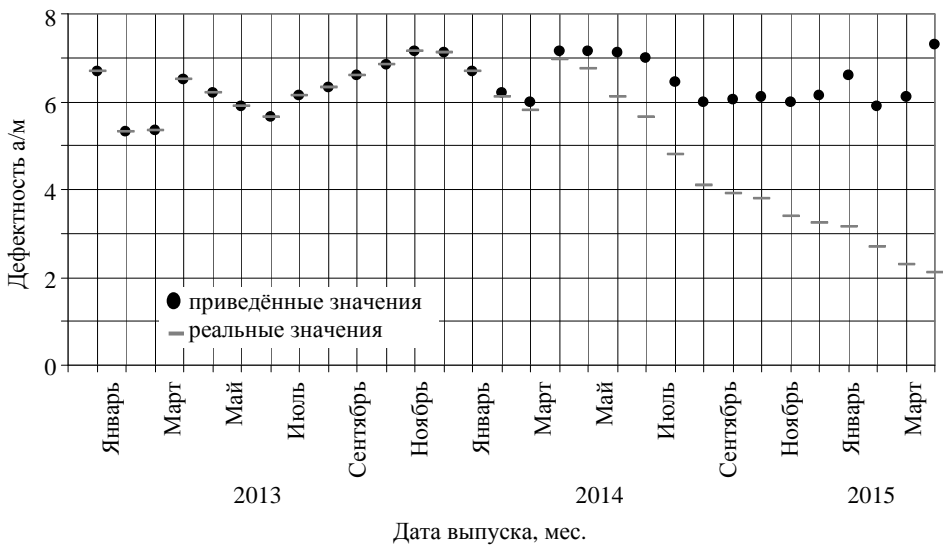


Рис. 3. Приведение средней дефектності, побудовано по даним [5, 22]

2. Начальный шаг процедуры:

$$n = 0; c_n = a; d_n = 0. \quad (37)$$

3. Ітерації:

$$A_n = C \times \cos 2d_n - S \times \sin 2d_n; \quad (38)$$

$$B_n = S \times \cos 2d_n + C \times \sin 2d_n; \quad (39)$$

$$P_n = hs \times \cos 2d_n + hc \times \sin 2d_n; \quad (40)$$

$$Q_n = hc \times \cos 2d_n - hs \times \sin 2d_n; \quad (41)$$

$$\det_n = 0,5 \left\{ \begin{array}{l} (N \times hc + C \times hc + S \times hs) \times \sin d_n + \\ (N \times hs - C \times hs + S \times hs) \times \cos d_n + \\ + N \times c_n \times A_n - (C^2 + S^2) \times c_n \end{array} \right\}; \quad (42)$$

$$T_n = P_n + 0,5c_n(A_n - N); \quad (43)$$

$$H_n = Q_n - 0,5c_n \times B_n; \quad (44)$$

$$u_n = \frac{1}{\det_n} \{ -(P_n + A_n \times c_n) \times T_n + (-Q_n + B_n \times c_n) \times H_n \}; \quad (45)$$

$$v_n = \frac{0,5}{\det_n} \{ B_n \times T_n - (N - A_n) \times H_n \}; \quad (46)$$

$$c_{n+1} = c_n - u_n; \quad (47)$$

$$d_{n+1} = d_n - v_n. \quad (48)$$

4. Ітерації закінчуються, коли

$$\left\{ \begin{array}{l} |c_{n+1} - c_n| \leq 0,001 \\ |d_{n+1} - d_n| \leq 0,001 \end{array} \right\}. \quad (49)$$

5. Для прогнозу по лінійному тренду вичисляються тільки параметри a , b . Для прогнозу по нелінійному тренду вичисляються всі параметри a , b , c , d .

Приведення затрат базового (планового) періода до цінам звітного періода з метою виключення фактора інфляції.

Введемо наступні позначення:

$Z_i^{отн}$ – реальні затрати по i -му дефекту в звітному періоді;

$K_i^{отн}$ – кількість дефектів по i -му дефекту в звітному періоді;

$Z_i^{пл}$ – затрати по i -му дефекту в звітному періоді;

$K_i^{пл}$ – кількість дефектів по i -му дефекту в звітному періоді;

$Z_i^{пл1}$ – реальні затрати по i -му дефекту, який був як в плановому, так і в звітному періодах;

$Z_i^{пл2}$ – реальні затрати по i -му дефекту, який був тільки в базовому (плановому) періоді;

$Z_i^{плр}$ – приведені затрати по i -му дефекту, який був як в плановому, так і в звітному періодах;

$Z_i^{отн2p}$ – приведенные затраты по i -му дефекту, который был только в отчетном периоде;

$\sum Z_i^{пл} p$ – приведенные затраты базового (планового) периода.

Алгоритм расчета (приведения):

1. Для каждого наименования дефекта (i), который был в отчетном периоде, находим среднюю стоимость его устранения:

$$Z_i^{отн} = \frac{Z_i^{отн}}{K_i^{отн}}. \quad (50)$$

2. Приводим затраты базового (планового) периода по (m) дефектам, которые были как в плановом, так и в отчетном периодах:

$$Z_i^{пл1p} = Z_i^{отн} \times K_i^{пл}. \quad (51)$$

3. Для пересчета затрат по остальным (k) дефектам, которые были только в базовом (плановом) периоде, используем коэффициент инфляции ($K_{инф}$), он рассчитывается по дефектам, которые были как в плановом, так и в отчетном периодах:

$$K_{инф} = \frac{\sum_{i=1}^m Z_i^{пл1p}}{\sum_{i=1}^m Z_i^{пл1}}; \quad (52)$$

$$Z_i^{отн2p} = Z_i^{отн2} \times K_{инф}. \quad (53)$$

4. Приведенные затраты базового (планового) периода равны:

$$\sum Z_i^{пл} p = \sum_{i=1}^m Z_i^{пл1p} + \sum_{i=m+1}^k Z_i^{пл2p}. \quad (54)$$

5. Окончательный коэффициент приведения цен (инфляции) равен:

$$K_{прив} = \frac{\sum Z_i^{пл} p}{\sum Z_i^{пл}}. \quad (55)$$

При работе с представленной выше методикой необходимо учитывать следующие факторы:

1. Алгоритм должен применяться и при пересчете общих затрат по составляющим: затратам на услуги, запасные части и материалы. В этом случае сначала пересчитывается цена (стоимость устранения дефектов) каждой составляющей по отдельности, затем находятся общие затраты как сумма приведенных затрат на услуги, запасные части и материалы.

2. Алгоритм должен использоваться и при построении временных рядов. Затраты каждого месяца выпуска автомобилей пересчитываются в цены (стоимость устранения дефектов) месяца выпуска, принятого за отчетный период.

Выводы и перспективы дальнейших исследований. Таким образом, в данной работе спроектирована комплексная методология, позволяющая проводить анализ и прогнозирование качества новых автомобилей в период гарантийной эксплуатации. Отличительной особенностью представленной разработки

является ее практикоориентированность под отраслевые запросы автомобилестроения как массового производственного сектора экономики. Дальнейшая работа в направлении развития предложенного комплекса является ее автоматизация в рамках корпоративных информационных систем промышленных предприятий, с интеграцией алгоритмов расчета показателей качества в существующую структуру оценки качества продукции.

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

Brandt Z. Analiz dannykh. Statisticheskie i vychislitelnye metody dlia nauchnykh rabotnikov i inzhenerov / Per. s angl. — М.: Мир, 2003. — 686 s.

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

Godlevskii V.E., Plotnikov A.N., Iunak G.L. Primenenie statisticheskikh metodov v avtomobilestroenii / Pod red. A.V. Vasilchuka. — Samara: Perspektiva, 2003. — 196 s.

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

Godlevskii V.E., Iunak G.L. Menedzhment kachestva v avtomobilestroenii: Monografiia / Pod red. A.V. Vasilchuka. — Samara: Ofort; Akademicheskii inzhiniringovyi tcentr, 2005. — 628 s.

4. *Кокотов А.В.* Совершенствование системы оценивания качества автомобиля на основных этапах его жизненного цикла: Дис... канд. техн. наук: 05.02.23. — Тольятти, 2002. — 185 с.

Kokotov A.V. Sovershenstvovanie sistemy ocenivaniia kachestva avtomobilia na osnovnykh etapakh ego zhiznennogo tsikla: Dis... kand. tekhn. nauk: 05.02.23. — Toliatti, 2002. — 185 s.

5. Проект стандарта предприятия «Анализ и прогнозирование качества автомобилей по результатам гарантийной эксплуатации». — Самара: Академический инжиниринговый центр, 2002. — 25 с.

Proekt standarta predpriiatiia «Analiz i prognozirovanie kachestva avtomobilei po rezultatam garantiinoi ekspluatatsii». — Samara: Akademicheskii inzhiniringovyi tcentr, 2002. — 25 s.

6. Разработка методов оценки экономической эффективности мероприятий и проектов, направленных на повышение качества продукции: Технический отчет по направлению «Оценка эффективности корректирующих действий в информационной системе «Учет, планирование и контроль мероприятий по улучшению качества автомобилей». — Тольятти, 2003. — 48 с.

Razrabotka metodov otsenki ekonomicheskoi effektivnosti meropriiatiy i projektov, napravlenykh na povyshenie kachestva produktcii: Tekhnicheskii otchet po napravleniiu «Otcenka effektivnosti korrektsiuiushchikh deistvii v informatsionnoi sisteme «Uchet, planirovanie i kontrol meropriiatiy po uluchsheniiu kachestva avtomobilei». — Toliatti, 2003. — 48 s.

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

Stroganov V.I. Obespechenie kachestva elektromobilei i gibridov v ekspluatatsii: Monografiia. — Saarbrücken, Palmarium Academic Publishing, AV Akademikerverland GmbH&Co., Deutschland, 2015. — 397 s.

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

Stroganov V.I., Kleimenov S.I. Modeli analiticheskikh issledovaniy kachestva i nadezhnosti legkovykh avtomobilei v ekspluatatsii // Avtomobilnaia promyshlennost. — 2013. — №9. — S. 2–6.

9. *Шиндовский Э., Шюрц О.* Статистические методы управления качеством. — М., 1976. — 600 с.

Shindovskii E., Shiurtc O. Statisticheskie metody upravleniia kachestvom. — М., 1976. — 600 s.

10. *Юнак Г.Л., Годлевский В.Е., Иванов Г.В.* Методические материалы. Планирование и применение FMEA конструкции, технологии и оборудования на ОАО «АВТОВАЗ». — Самара, 2005. — 176 с.

Iunak G.L., Godlevskii V.E., Ivanov G.V. Metodicheskie materialy. Planirovanie i primenenie FMEA konstruktsii, tekhnologii i oborudovaniia na ОАО «AVTOVAZ». — Samara, 2005. — 176 s.