

УДК 658

## РЕАЛИЗАЦИЯ КОНЦЕПЦИИ ЦИФРОВОЙ СРЕДЫ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬЮ В АВТОПРОМЕ

© 2022 А.В. Артюхов, Д.В. Айдаров, Д.С. Гордиенко, В.Н. Козловский

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

Статья поступила в редакцию 29.11.2022

Представлены перспективные направления реализации концепции цифровой среды поддержки управления конкурентоспособностью в автопроме за счет активного применения аппарата вероятностно-статистического моделирования.

*Ключевые слова:* моделирование, управление качеством, цифровизация, конкурентоспособность, автомобилестроение.

DOI: 10.37313/1990-5378-2022-24-6-20-24

Концепция цифровой среды поддержки улучшений в области качества и конкурентоспособности, предложенная в [1], включает следующие KPI-проекции: удовлетворенность потребителей; надежность; потребительскую ценность качества продукции и услуг. В основе концепции лежит интегрированная виртуальная среда, объединяющая электронные данные, полученные в результате внутренней деятельности компании (проектирование, производство) и на основе измерений во внешней (в том числе конкурентной) среде (маркетинг, эксплуатация). В рамках концепции предусмотрено, что часть корпоративных информационных систем самостоятельно проводит измерения качества продукции в эксплуатации и удовлетворенности потребителей во внешней среде и оценку качества продуктов и услуг – во внутренней [2-4].

Данная работа посвящена ключевым аспектам реализации концепции цифровой среды поддержки улучшений в области качества и конкурентоспособности. Активное использование аппарата вероятностно-статистического моделирования (ВСМ) в рамках концепции позволяет решать комплекс актуальных задач, направленных на повышение качества, надежности продукции и услуг и эффективности процессов управления [5, 6].

### ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ: ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗАТРАТ

Прогнозная оценка бюджета на гарантийное обеспечение автомобилей, выпускаемых на рынок, первично на 70–80% определяется показателями качества и надежности соответствующих узлов и деталей на уже выпускаемых конструкциях автотранспортных средств. Далее с наполнением эксплуатационной базы по новым автомобилям происходит замещение данных и осуществляется полноценный переход к анализу новой модели.

Для формирования бюджета на гарантию новых автомобилей необходимо определить среднюю стоимость обеспечения качества и надежности на весь срок гарантии, исходя из статистических данных некоторого базового периода до начала наблюдения, по которому собран полный объем данных (например, предыдущий год):

$$\bar{Z}_{\text{cp}} = \frac{Z_{\Pi}}{V}, \quad (1)$$

где  $\bar{Z}_{\text{cp}}$  – средняя стоимость устранения дефектов автомобиля на весь срок гарантии, руб.;  $Z_{\Pi}$  – полная сумма затрат на устранение дефектов на автомобилях, выпущенных за отчетный месяц, руб.;  $V$  – количество выпущенных автомобилей за отчетный период (месяц), шт.

С момента выпуска автомобиля и до момента окончания предъявления затрат по гарантии проходит длительный период наблюдения: для двухгодичной гарантии – до 36 месяцев (рис. 1), для трехгодичной гарантии – до 42 месяцев. Именно поэтому на момент проведения расчета требуется полная информация о затратах в гарантии по автомобилям той же модели, выпущенным более 36 месяцев назад. В случае отсутствия такой информации необходима реали-

---

Артюхов Александр Викторович, кандидат технических наук, генеральный директор ОА «ОДК».

E-mail: toe\_fp@samgtu.ru

Айдаров Дмитрий Васильевич, доктор технических наук, профессор. E-mail: adv\_tol@mail.ru

Гордиенко Дарья Сергеевна, аспирант.

E-mail: gordienko.ds@samgtu.ru

Козловский Владимир Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой.

E-mail: Kozlovskiy-76@mail.ru



Рис. 1. Изменение долей затрат на устранение дефектов в гарантийный период

зация прогностической модели, учитывающей аспекты унификации компонентной базы нового проекта автомобилей (унифицированная модель).

Таким образом, полная сумма прогнозируемых затрат на обеспечение эксплуатационной эффективности автомобилей, имеющих незавершенный период наблюдения, состоит из двух частей: фактические затраты и сумма остатка.

Полная сумма затрат рассчитывается по формуле:

$$Z_n = \sum_{i=1}^m Z_{\phi}^i + \sum_{i=1}^m Z_o^i, \quad (2)$$

где  $Z_{\phi}^i$  – фактические затраты  $i$ -го месяца выпуска, руб.;  $Z_o^i$  – сумма остатка (прогнозируемая)  $i$ -го месяца выпуска, руб.

Фактические затраты – это затраты, фактически предъявленные автопроизводителю на момент проведения расчета. Они рассчитываются по формуле:

$$Z_{\phi}^i = \sum_{j=0}^n z_j^i, \quad (3)$$

где  $z_j^i$  – фактические затраты  $i$ -го месяца выпуска в  $j$ -м периоде наблюдения, руб.

Сумма остатка – это прогнозируемые затраты, которые будут предъявлены автопроизводителю в будущем, до окончания гарантии. Определение этих затрат составляет задачу разработки и реализации первой из рассматриваемых ВСМ исследуемых процессов. Для автомобилей с незавершенной гарантией необходимо проводить расчет по оставшейся доле затрат в соответствии с их распределением на автомобилях, имеющих завершенный период гарантии, или в соответствии с унифицированной моделью.

ВСМ суммы остатка:

$$Z_o^i = Z_{\phi}^i d_o^i, \quad (4)$$

где  $d_o^i$  – суммарная доля остатка  $i$ -го месяца выпуска, %.

Суммарная доля остатка рассчитывается по формуле:

$$d_o^i = \sum_{j=0}^n d_j^b, \quad (5)$$

где  $d_j^b$  – доля средних затрат базового периода выпуска в  $j$ -м периоде наблюдения, %.

Доля средних затрат базового периода выпуска рассчитывается по формуле:

$$d_j^b = \frac{z_j^b}{\sum_{j=1}^m z_j^b}, \quad (6)$$

где  $z_j^b$  – средние затраты базового периода выпуска в  $j$ -м периоде наблюдения, руб.

Средние затраты базового периода выпуска определяются по формуле:

$$z_j^b = \frac{\sum_{i=1}^{12} z_i^b}{12}, \quad (7)$$

где  $z_i^b$  – затраты базового периода выпуска в  $i$ -м месяце выпуска, руб.

Прогноз затрат, приходящихся на третий год гарантии, который наступает в период с 23-го по 36-й месяц, выполняется по линейному тренду на основе данных о затратах за период с 12-го по 22-й месяц наблюдения (рис. 2). Полная сумма затрат в ближайших к расчетному месяцу выпусках (6 месяцев) приводится по среднему значению результатов за предыдущие месяцы выпуска (30 месяцев).

В российском автопроме бюджет на гарантию утверждается на годовой период. У западных автопроизводителей существует перспективная гибкая система определения бюджета, предусматривающая прогноз затрат по выпущенным автомобилям на весь период гарантийной эксплуатации, а также прогноз затрат на будущие выпуски. Разработанная методология прогноза укладывается как в традиционную, так и в перспективную схему прогнозирования.



Рис. 2. Прогнозирование затрат на устранение отказов в гарантии

### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

В качестве обобщенного критерия качества (стабильности) технологического процесса изготовления продукции рассматривается вероятностная оценка попадания наиболее важных размерных параметров в пределы установленного техническими условиями (ТУ) поля допуска. При определении критерия качества принято, что погрешности изготовления изделий в пределах допуска распределяются по нормальному закону. Следовательно, вероятность попадания рассматриваемого параметра в поле допуска ( $P_i$ ) с учетом оценки среднего квадратического отклонения рассчитывается по формуле:

$$P_i = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{x_n}^{x_b} e^{-\frac{(x - x_{cp})^2}{2\sigma^2}} dx, \quad (8)$$

где  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение размера;  $x_{cp}$  – среднее значение размера в пределах допуска;  $x_n, x_b$  – нижнее и верхнее значения пределов допусков.

Так как сложный технический объект состоит из компонентов, каждый из которых определяет его качество, то среднее значение критерия качества технологического процесса можно представить в следующем виде:

$$P_{cp} = \prod_{i=1}^m P_i. \quad (9)$$

Исходя из полученного значения коэффициента качества технологического процесса изготовления изделий, можно определить возможное среднее ( $d_{cp}$ ) количество дефектных изделий в партии, выраженное в процентах:

$$d_{cp} = (N - P_{cp}N)100, \quad (10)$$

где  $N$  – объем контролируемой партии.

Построенная компьютерная модель партии технических устройств заданного объема дает

возможность для полноценного и объективного исследования влияния технологического процесса изготовления ключевой группы размерных параметров на выходные характеристики. В данном случае речь идет о сложных электротехнических устройствах системы электрооборудования, таких как генераторная установка, электростартер, электромеханический или электрогидравлический усилитель рулевого управления, стартер – генераторная установка. Имеющаяся статистика по отказам автомобильной техники показывает, что именно выход из строя указанных устройств определяет значительный бюджет на гарантийное обеспечение автомобилей. Основными техническими параметрами таких устройств являются электромеханические характеристики, значительное влияние на формирование которых оказывают изменения геометрических размеров активной зоны: наружный диаметр ротора, внутренний диаметр статора, длина и диаметр расточки статора, размеры пазов статора и ротора. Именно поэтому статистическое управление по указанным выше геометрическим параметрам играет ключевую роль в формировании качества продукции. Предлагаемая концепция применима и для других сложных устройств автомобильной техники, например технических устройств, в которых изменение размерных параметров даже в пределах, установленных нормативно-технической документацией, может привести к значительным изменениям основных технических характеристик. Объективность модели вытекает из того, что в виртуальных структурах были учтены действующие в реальном производственном процессе элементы случайности. Обобщенный показатель качества технологического процесса изготовления технических устройств создает предпосылки для проектирования и оптимизации статистических методов приемочного контроля качества исследуемых партий изделий, исходя из существующего уровня качества.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА**

Математическое моделирование показателей качества технологического процесса предусматривает использование в качестве входных параметров характеристики виртуальной партии технических устройств. Выходные – коэффициенты точности  $k_T$ , настроенности  $k_H$ , стабильности  $k_C$  технологического процесса. Здесь же проводился анализ взаимосвязи выходных параметров с обобщенным показателем качества  $P$ :

$$k_T = \frac{6S}{\delta}, \tag{11}$$

$$k_H = \frac{\bar{X} - x_{cp}}{\delta}, \tag{12}$$

$$k_C = \frac{S_{t1}}{S_{t2}}, \tag{13}$$

где  $\bar{X}$  – выборочное среднее арифметическое для данного размера;

$S$  – выборочное среднее квадратическое отклонение;

$\delta$  – поле допуска на параметр;

$S_{t1}, S_{t2}$  – средние квадратические отклонения в моменты времени  $t_1, t_2$ .

Определение выборочных значений среднего арифметического, среднего квадратического отклонения для данного геометрического размера осуществляется случайной выборкой из виртуальной партии изделий.

Необходимо провести оценку влияния коэффициентов точности, настроенности, стабильности на обобщенный показатель качества технологического процесса  $P$ , который определяется по формуле:

$$P_i(t_2) = \frac{1}{\frac{\left(\frac{k_T \delta}{6}\right)_{t1}}{K_c} \sqrt{2\pi}} \int_{x_H}^{x_G} e^{-\frac{(x - (-k_H \delta + \bar{X}))^2}{2 \left(\frac{\left(\frac{k_T \delta}{6}\right)_{t1}}{k_c}\right)^2}} dx, \tag{14}$$

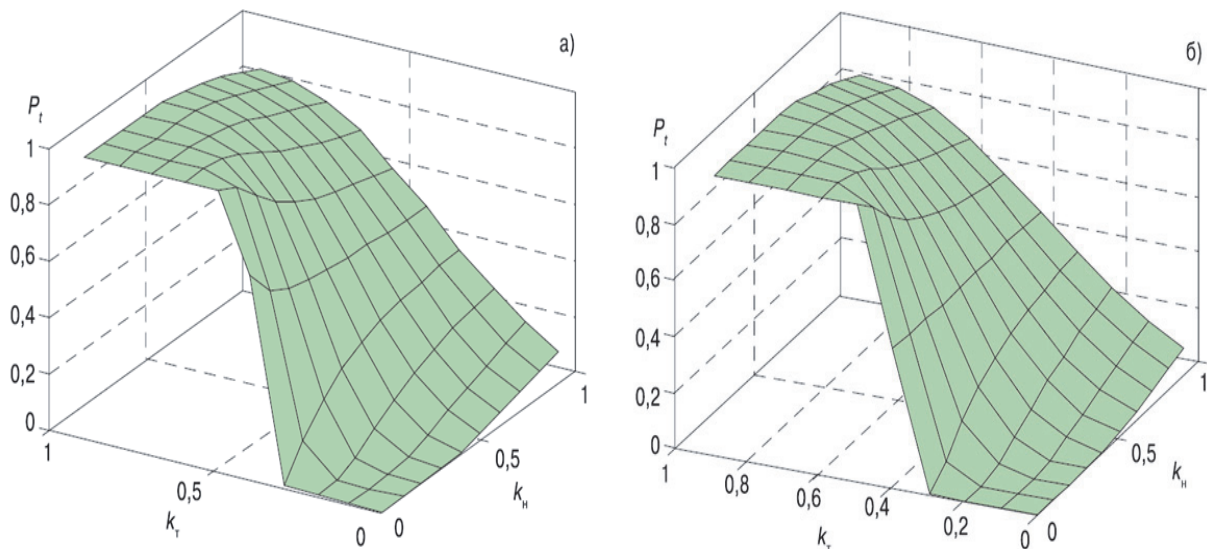
Для идеального технологического процесса:  $k_T = 1; k_H = 0; k_C = 1; P_i(t_2) = P_i(t_1) = P_i = 1$ .

В качестве примера, изменяя значения коэффициентов точности, настроенности от 0 до 1 (при  $k_C = 0,5$ ), производим расчет и построение характеристики (рис. 3), отражающей зависимость  $P(k_T, k_H, k_C)$ .

Чем больше коэффициенты точности, настроенности и стабильности приближаются к характеристикам идеального технологического процесса, тем выше обобщенный критерий качества.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Козловский, В.Н. Цифровая среда поддержки управления конкурентоспособностью / В.Н. Козловский, Д.В. Айдаров, Д.И. Панюков, М.М. Васильев // Стандарты и качество. – 2018. – № 6. – С. 86–89.
2. Козловский, В.Н. Нелинейные процессы оптимизации в рамках цифровой среды управления качеством / В.Н. Козловский, Д.В. Айдаров, С.И. Клейменов, М.М. Васильев // Методы менеджмента качества. – 2019. – № 3. – С. 26–33.
3. Айдаров, Д.В. Цифровизация системы менеджмента качества автосборочного предприятия: мониторинг качества производственного процесса: монография / Д.В. Айдаров, С.И. Клейменов, В.Н. Козловский. – Самара: СамНЦ РАН, 2020. – 190 с.



**Рис. 3.** – Зависимость  $P(k_T, k_H)$  при  $k_C = 0,5$

4. Козловский, В.Н. Цифровое производство: качество должно быть прогнозируемым / В.Н. Козловский, Д.В. Айдаров, С.И. Клейменов, А.В. Крицкий // Стандарты и качество. – 2020. – № 3. – С. 73–77.
5. Козловский, В.Н. Вероятностно-статистическое моделирование в вопросах цифровизации процессов управления конкурентоспособностью / В.Н. Козловский, Д.В. Айдаров, Г.Л. Юнак, С.И. Клейменов // Методы менеджмента качества. – 2018. – № 9. – С. 26–32.
6. Козловский, В.Н. Обеспечение качества и надежности системы электрооборудования автомобилей. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / В.Н. Козловский. – Моск. гос. автомобил.-дорож. ин-т (техн. ун-т). Тольятти, 2010.

## IMPLEMENTING THE CONCEPT OF A DIGITAL ENVIRONMENT TO SUPPORT COMPETITIVENESS MANAGEMENT IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

© 2022 A. V. Artyukhov, D.V. Aydarov, D.S. Gordienko, V.N. Kozlovsky

Samara State Technical University, Samara, Russia

The paper presents promising directions for implementing the concept of digital competitiveness management support environment in automotive industry through active application of probabilistic-statistical modelling apparatus.

*Keywords:* modelling, quality management, digitalization, competitiveness, automotive industry.

DOI: 10.37313/1990-5378-2022-24-6-20-24

### REFERENCES

1. Kozlovskij, V.N. Cifrovaya sreda podderzhki upravleniya konkurentosposobnost'yu / V.N. Kozlovskij, D.V. Ajdarov, D.I. Panyukov, M.M. Vasil'ev // Standarty i kachestvo. – 2018. – № 6. – S. 86–89.
2. Kozlovskij, V.N. Nelinejnye processy optimizacii v ramkah cifrovoj sredy upravleniya kachestvom / V.N. Kozlovskij, D.V. Ajdarov, S.I. Klejmenov, M.M. Vasil'ev // Metody menedzhmenta kachestva. – 2019. – № 3. – S. 26–33.
3. Ajdarov, D.V. Cifrovizaciya sistemy menedzhmenta kachestva avtosborochnogo predpriyatiya: monitoring kachestva proizvodstvennogo processa: monografiya / D.V. Ajdarov, S.I. Klejmenov, V.N. Kozlovskij. – Samara: SamNC RAN, 2020. – 190 s.
4. Kozlovskij, V.N. Cifrovoe proizvodstvo: kachestvo dolzhno byt' prognoziruemym / V.N. Kozlovskij, D.V. Ajdarov, S.I. Klejmenov, A.V. Krickij // Standarty i kachestvo. – 2020. – № 3. – S. 73–77.
5. Kozlovskij, V.N. Veroyatnostno-statisticheskoe modelirovanie v voprosah cifrovizacii processov upravleniya konkurentosposobnost'yu / V.N. Kozlovskij, D.V. Ajdarov, G.L. Yunak, S.I. Klejmenov // Metody menedzhmenta kachestva. – 2018. – № 9. – S. 26–32.
6. Kozlovskij, V.N. Obespechenie kachestva i nadezhnosti sistemy elektrooborudovaniya avtomobilej. Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni doktora tekhnicheskikh nauk / V.N. Kozlovskij. – Mosk. gos. avtomobil.-dorozh. in-t (tekhn. un-t). – Tol'yatti, 2010.

---

Alexander Artyukhov, Candidate of Technical Sciences,  
General Director of JSC «United Engine Corporation».

E-mail: toe\_fp@samgtu.ru

Dmitry Aydarov, Doctor of Technical Sciences, Professor.

E-mail: adv\_tol@mail.ru

Darya Gordienko, Postgraduate. E-mail: gordienko.ds@samgtu.ru

Vladimir Kozlovsky, Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Head of the Department. E-mail: Kozlovskiy-76@mail.ru