

## Комплекс аналитических инструментов оценки эффективности мероприятий направленных на улучшение надежности автомобилей

д.т.н. проф. Козловский В.Н., к.т.н. доц. Малеев Р.А., к.т.н. доц. Панюков Д.И.,  
Кудинова Л.А.

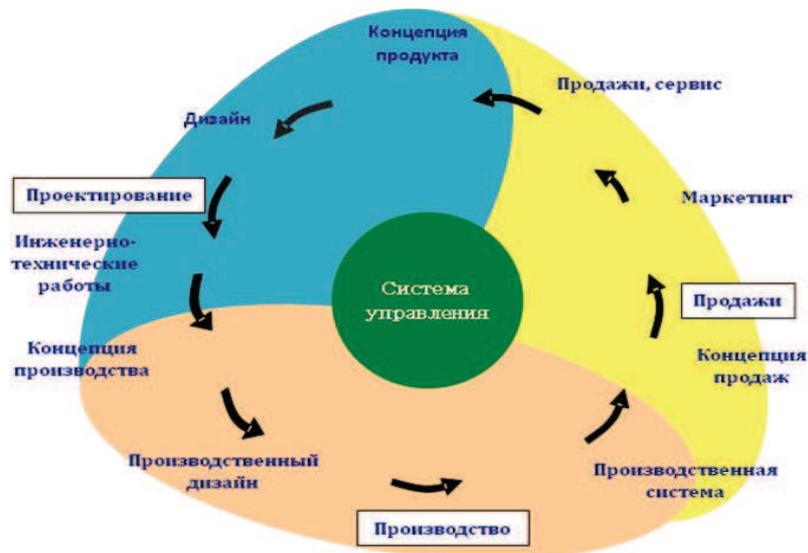
Поволжский государственный университет сервиса (ПВГУС) г.Тольятти,  
Университет машиностроения, АНО «Институт качества» г.Тольятти.  
(495) 223-05-23, доб. 1574

**Аннотация.** В статье представлены результаты аналитических исследований прогнозирования эффективности мероприятий, направленных на улучшение показателей надежности современных автомобилей, а также приводятся инструменты по оценке эффекта от внедрения мероприятий по улучшению конструкций легкового автомобиля.

**Ключевые слова:** аналитические комплексы прогнозирования эффективности, показатели надежности, качество продукции.

Мониторинг результативности и эффективности мероприятий по корректирующим воздействиям является неотъемлемой частью современных систем менеджмента качества (СМК), отвечающих требованиям стандартов ИСО 9001, ИСО/ТУ 16949.

В условиях сложившейся жесточайшей конкуренции на мировых рынках, перед предприятиями автомобильной промышленности стоит острая проблема, связанная с необходимостью оптимизации затрат на этапах жизненного цикла продукции (рисунок 1), при одновременном обеспечении высокого уровня потребительских характеристик качества автомобилей и сопутствующих услуг.



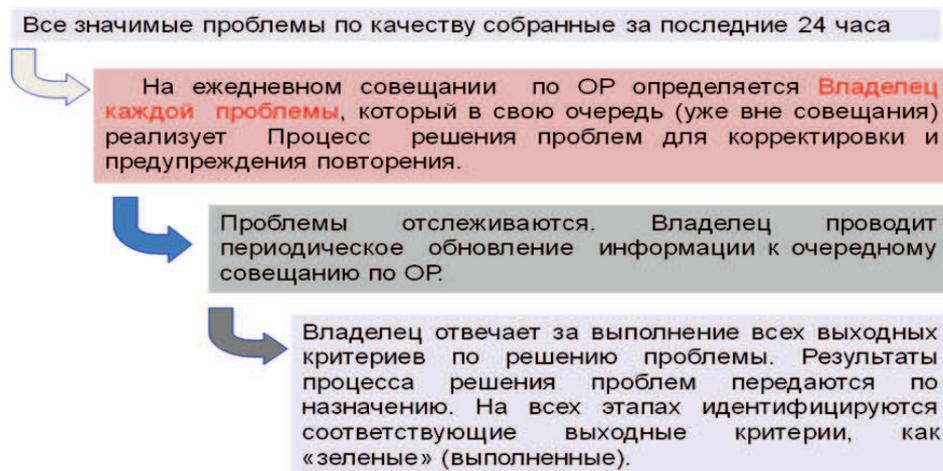
**Рисунок 1. Основные этапы жизненного цикла автомобилей**

Практика показывает, что работа по анализу потребительских характеристик перспективных конструкций автомобилей начинается на этапах маркетинговых исследований, а заканчивается в момент снятия автомобилей с производства. При этом зачастую на этапах жизненного цикла, возникает необходимость решения управленческих задач по внедрению улучшений в конструкцию автомобилей, которые связаны с достижением новых технико-экономических показателей компонентной базы, а также с необходимостью преодоления локальных кризисов качества, которые в той или иной мере сопровождают деятельность автомобильных корпораций. В любом случае для эффективного решения задачи, связанной с улучшением качества продукции, требуется реализация двух ключевых направлений деятельности: организационно-технической и аналитической.

В настоящее время актуальным в рамках реализации организационно-технического направления, считается создание управленческого процесса оперативного реагирования, ос-

новые этапы которого отражены на рисунке 2.

## Процесс Оперативного Реагирования (ОР) – Основные этапы



**Рисунок 2. Основные этапы процесса оперативного реагирования**

Анализ рисунка 2 показывает, что аналитическая составляющая, связанная с оценкой эффективности решения проблем, является важнейшей в рассматриваемом процессе и способствует повышению результативности его протекания. Именно поэтому лидеры отрасли последовательно занимаются разработкой и реализацией соответствующих инструментов.

В настоящей работе представлена методология соответствующего комплекса аналитических инструментов, обеспечивающих реализацию оценки эффективности улучшений в области качества практически на всех этапах жизненного цикла автомобилей (рисунок 1) и охватывающих информационные потоки об удовлетворенности потребителей качеством продукции, показатели результативности производства, а также эксплуатационной надежности автомобилей в период гарантийной эксплуатации.

В процессе изготовления автомобилей, в сравнении с эксплуатационным этапом жизненного цикла, наблюдается естественное более оперативное реагирование на любые проектные или производственно-технологические изменения. Поэтому для реализации оценки эффективности проводится измерение затрат до и после внедрения соответствующих мероприятий в течение небольшого отчетного периода времени. Например, наш опыт показывает, что в данном случае достаточно ограничиться 30-дневным временным интервалом.

Расчет оценки эффективности проводится по двум временным интервалам, в два этапа.

Первый этап:

- вычисление показателей надежности до внедрения мероприятий

$$Уотк.(Tв-30дн. \leq t \leq Tв-1дн., Код.отк.), \quad (1)$$

$$Уср.з.(Tв-30дн. \leq t \leq Tв-1дн., Код.отк.), \quad (2)$$

где: *Уотк.* – уровень регистрируемых отказов автомобилей с определенной датой выпуска;

*Tв* – дата внедрения мероприятий по улучшению надежности;

$Tв-30дн. \leq t \leq Tв-1дн.$  – промежуток времени *t*, охватывающий 30 дней до внедрения мероприятий по улучшению надежности продукции с определенным кодом отказа *Код.отк.*;

*Уср.з.* – уровень средних затрат на устранение отказов с заданным кодом отказа.

- расчет показателей надежности после внедрения мероприятий

$$Уотк. (Tв+1дн. \leq t \leq Tв+30дн., Код.отк.), \quad (3)$$

$$Уср.з.(Tв+1дн. \leq t \leq Tв+30дн., Код.отк.). \quad (4)$$

$Tв+1дн. \leq t \leq Tв+30дн.$  – промежуток времени *t*, охватывающий 30 дней после внедрения мероприятий по улучшению надежности продукции с определенным кодом отказа *Код.отк.*

Второй этап:

- расчет изменения уровня отказов ( $\Delta Уотк.$ ):

$$\Delta Уотк. = Уотк.(Tв-30дн. \leq t \leq Tв-1дн., Код.отк.) - Уотк.(Tв+1дн. \leq t \leq Tв+30дн., Код.отк.); \quad (5)$$

- расчет изменения уровня затрат на устранение отказов ( $\Delta Уср.з.$ ):

$$\Delta Уср.з. = Уср.з.(Tв-30дн. \leq t \leq Tв-1дн., Код.отк.) - Уср.з.(Tв+1дн. \leq t \leq Tв+30дн., Код.отк.). \quad (6)$$

На основе полученных результатов, подводится итоговая оценка эффективности мероприятий, направленных на улучшение качества продукции в производстве.

Для решения задачи оценки эффективности мероприятий, направленных на повышение качества автомобилей, с учетом эксплуатационного периода, требуется учитывать больший временной интервал, чем в предыдущем случае. Массив данных о надежности для оценки эффективности формируется из ежемесячной статистической информации о производстве и гарантийной эксплуатации автомобилей, интегрируемой системой регистрации отказов.

Основные показатели, необходимые для расчета оценки:  $Tв$  – дата (месяц) внедрения мероприятий;  $Уотк.(t, s)$  – количественный уровень отказов на автомобилях с датой выпуска  $t$  и с датой устранения отказа  $s$  по коду отказа  $Код.отк.$ ;  $Уобщ.з.(t, s)$  – общие затраты на устранение отказа на автомобилях с датой выпуска  $t$  и с датой устранения  $s$ ;  $Уусл.з.(t, s)$  – затраты на услуги по устранению отказа на автомобилях с датой выпуска  $t$  и с датой устранения  $s$ ;  $Уз.ч.(t, s)$  – затраты на запасные части при устранении отказов на автомобилях с датой выпуска  $t$  и с датой устранения  $s$ ;  $Пр.отк.1(t)$  – прогнозируемое количество отказов на автомобилях с датой выпуска  $t$ , до внедрения мероприятий по улучшению;  $Пр.отк.2(t)$  – прогнозируемое количество отказов на автомобилях с датой выпуска  $t$ , после внедрения мероприятий;  $N_1$  – количество автомобилей, выпущенных за 6 месяцев до внедрения мероприятий по улучшению;  $N_2$  – количество автомобилей, выпущенных в течение 6 месяцев после внедрения мероприятий.

Расчет оценки эффективности проводится в пять этапов.

На первом этапе определяются:

- $Уотк.(t, s < Tв+6мес.)$ ,  $Уобщ.з.(t, s < Tв+6)$  для  $t=(Tв-12мес.), \dots, (Tв+6мес.)$ .
- Выпуски автомобилей на рынок за отчетные месяцы.
- $Уотк.(t, s < Tв)$ , для  $t=(Tв-12мес.), \dots, Tв$ ,  $Уобщ.з.(t, s < Tв)$ , для  $t=(Tв-12мес.), \dots, (Tв)$ .
- $Уотк.(t, s < Tв-6мес.)$ , для  $t=(Tв-12мес.), \dots, (Tв-7мес.)$ .
- $Уобщ.з.(t, s < Tв+6мес.)$ , для  $t=(Tв-6мес.), \dots, (Tв+6мес.)$ .
- $Уусл.з.(t, s < Tв+6мес.)$ ,  $Уз.ч.(t, s < Tв+6)$  для  $t=(Tв-6мес.), \dots, (Tв+6мес.)$ .

Второй этап. Расчет коэффициентов прогнозирования уровня отказов:

$$K_1(t) = \frac{Уотк.(t, s < Tв+6мес.)}{Уотк.(t, s < Tв)} \quad (7)$$

для  $t=(Tв-12мес.), \dots, (Tв-7мес.)$ .

$$K_2(t) = \frac{Уотк.(t, s < Tв+6мес.)}{Уотк.(t, s < Tв)} \quad (8)$$

для  $t=(Tв-6мес.), \dots, (Tв-1мес.)$ .

Третий этап. Прогнозирование количества отказов:

$$Пр.отк.1(t) = Уотк.(t, s < Tв+6мес.) \times K_1(t) \quad (9)$$

для  $t=(Tв-6мес.), \dots, (Tв-1мес.)$ .

$$Пр.отк.2(t) = Уотк.(t, s < Tв+6мес.) \times K_2(t) \times K_1(t) \quad (10)$$

для  $t=(Tв+1мес.), \dots, (Tв+6мес.)$ .

Четвертый этап. Определение среднего уровня отказов по периодам до и после внедрения мероприятий.

$$C_1 = \frac{\sum Пр.отк.1(t)}{N_1} \quad (11) \quad C_2 = \frac{\sum Пр.отк.2(t)}{N_2} \quad (12)$$

Средние общие затраты на один отказ по периодам до и после внедрения мероприятий.

$$Уобщ.ср.з.1 = \frac{\sum Уобщ.з.(t, s \leq Tв + 6.мес.)}{\sum Уотк.(t, s \leq Tв + 6.мес.)} \quad (13)$$

для  $t=(Tв-6.мес.), \dots, (Tв-1.мес.)$ .

$$Уобщ.ср.з.2 = \frac{\sum Уобщ.з.(t, s \leq Tв)}{\sum Уотк.(t, s \leq Tв)} \quad (14)$$

для  $t=(Tв+1.мес.), \dots, (Tв+6.мес.)$ .

Общие затраты по выпускам до внедрения мероприятий

$$ЗО1 = N1 \times C1 \times Уобщ.ср.з.1. \quad (15)$$

Общие затраты по выпускам после внедрения мероприятий

$$ЗО2 = N2 \times C2 \times Уобщ.ср.з.2. \quad (16)$$

Доли затрат на услуги и запасные части и материалы до внедрения мероприятий:

$$Д1 = \frac{\sum Уусл.з.(t, s \leq Tв + 6.мес.)}{\sum Уобщ.з.(t, s \leq Tв + 6.мес.)} \quad (17)$$

для  $t=(Tв-6.мес.), \dots, (Tв-1.мес.)$ ,

$$Д2 = 1 - Д1. \quad (18)$$

Прогнозируемые затраты на услуги, запасные части и материалы

$$Зусл.1 = Д1 \times ЗО1, \quad (19) \quad Зз.ч.м.1 = Д2 \times ЗО1. \quad (20)$$

Приведенные общие затраты по выпускам до внедрения мероприятий

$$ОЗдо = Зусл.1 \times Ки + Зз.ч.м.1 \times Кз, \quad (21)$$

где:  $Ки$  – коэффициент приведения затрат на услуги,  $Кз$  – коэффициент приведения затрат на запасные части и дополнительные материалы.

Коэффициент приведения затрат на услуги  $Ки$  определяется через отношение средних стоимостей нормо-часа на предприятиях сервисно-сбытовой сети за периоды 6 месяцев после и до внедрения мероприятий по улучшению надежности автомобилей. Коэффициент приведения затрат на запасные части и дополнительные материалы  $Кз$  определяется через отношение средних стоимостей деталей, узлов, отпускаемых для гарантийного ремонта.

Пятый этап. Оценка эффективности внедренных мероприятий:

$$\Delta ЗО = ОЗдо - ЗО2. \quad (22)$$

Оценка эффективности повышения надежности автомобилей с учетом изменения цены автомобилей и удовлетворенности потребителей используется для анализа эффективности применения автокомпонентов с улучшенными эксплуатационными характеристиками. Расчет эффективности проводится с учетом затрат на производство и эксплуатацию автомобилей.

Затраты на производство ( $\Delta пр$ ):

$$\Delta пр = (Цосн. - Цальт.) \times N, \quad (23)$$

где:  $Цосн.$ ,  $Цальт.$  – цена автокомпонента основного и альтернативного поставщика;  $N$  – программа выпуска автомобилей в год.

Уровень отказов продукции основного поставщика  $РРМосн.$

$$РРМосн. = \frac{Мдеф.дет.}{N} \times 1000000, \quad (24)$$

где:  $Мдеф.дет.$  – общее количество отказов по детали или узлу.

Затраты в гарантии по отказу на один выпущенный автомобиль

$$Za / м = \frac{Zдеф.общ.}{N}, \quad (25)$$

где:  $Zдеф.общ.$  – общие затраты по устранению отказов детали или узла.

Затраты в гарантии на программу по основному поставщику:

$$Zгар.осн. = Za / м \times N. \quad (26)$$

Прогноз затрат в гарантии на программу по альтернативному поставщику:

$$Zгар.альт. = \frac{Zгар.осн.}{РРМосн. \times РРМальт.}. \quad (27)$$

Прогноз изменения затрат в гарантии ( $\Delta_{гар.}$ )

$$\Delta_{гар.} = Z_{гар.осн.} - Z_{гар.альт.} \quad (28)$$

Изменения удовлетворенности потребителей по надежности:

$$\Delta_{над.удовл.} = (10 - U_{над.}) \times K_{над.} \times D_{деф.}, \quad (29)$$

где:  $U_{над.}$  – удовлетворенность потребителей по надежности;  $K_{над.}$  – весовой коэффициент при расчете удовлетворенности потребителей по надежности автомобилей;  $D_{деф.}$  – доля отказов по детали или узлу в общем количестве отказов.

Изменение лояльности потребителей ( $\Delta_{лоял.}$ ):

$$\Delta_{лоял.} = K_{лоял.} - \Delta_{над.удовл.} \quad (30)$$

где:  $K_{лоял.}$  – коэффициент лояльности.

Для расчета коэффициента лояльности по каждой модели марки автомобилей необходимо наряду с измерением удовлетворенности потребителей проводить соответствующую работу по оценке лояльности.

Опыт показывает, что большинство автопроизводителей проводит измерение удовлетворенности на основе бальной оценки с использованием анкетных комплексов. В соответствии с существующей методологией, бальная оценка удовлетворенности потребителей воспринимаемым качеством автомобилей ( $P_{удовл.}$ ) может изменяться от 0 до 10. В расчете оценки эффективности используются усредненные показатели, как удовлетворенности, так и лояльности по всей анкетной базе.

Оценка лояльности, может быть рассчитана по формуле:

$$P_{лоял.} = \frac{K1 \times (X1 + (10 - X2))}{2} + K3 \times X3 + K4 \times X4 + K5 \times X5 + K6 \times X6, \quad (31)$$

где:  $X1, X2, \dots, X6$  – усредненные оценки по вопросам анкеты,  $K1, K2, \dots, K6$  – коэффициенты значимости соответствующих вопросов, алгебраическая сумма которых должна составлять единицу.

В качестве примера, в таблица 1, приведем группу вопросов, которые можно использовать при оценке лояльности потребителей.

Таблица 1.

**Группа вопросов для анализа лояльности потребителей к определенной марке автомобилей**

Вопросы	Оценка
1. Какова вероятность того, что следующим Вашим автомобилем будет также модель марки ...?	X1
2. Какова вероятность того, что Вы приобретете автомобиль другой марки?	X2
3. Вы хотели бы приобрести автомобиль марки ... в качестве второго автомобиля в Вашей семье и насколько это вероятно?	X3
4. Рекомендуете ли Вы приобретение автомобиля марки ... Вашему ближайшему кругу?	X4
5. Насколько Вы цените эксплуатацию автомобиля марки ... Вашим ближним кругом?	X5
6. Насколько важно для Вас присутствие автомобилей марки ... на российском рынке автомобилей в дальнейшем?	X6

Второй вопрос (таблица 1) фактически дублирует первый, отвечая на который анкетиремый оценивает вероятность последующей покупки автомобиля определенной марки, отвечая на второй – оценивается вероятность перехода потребителя на другую марку. Поэтому оценки  $X1$  и  $(10 - X2)$  есть вероятности того, что потребитель останется лояльным марке.

Связь оценки лояльности и оценки удовлетворенности просматривается через формулу:

$$P_{лоял.} = 1 + 9 \cdot \left( \frac{P_{удовл.} - 1}{9} \right)^\alpha, \quad (32)$$

где:  $P_{лоял.}$  – потребительская лояльность,  $P_{удовл.}$  – потребительская удовлетворенность,  $\alpha$  – показатель степени.

Для определения показателя степени  $\alpha$  по значениям  $P_{лоял.}$  и  $P_{удовл.}$  применяется формула:

$$\alpha = \frac{\ln(\Pi_{\text{лоял.}} - 1) - \ln(9)}{\ln(\Pi_{\text{удовл.}} - 1) - \ln(9)}. \quad (33)$$

Коэффициент лояльности вычисляется по формуле:

$$K_{\text{лоял.}} = \alpha \cdot \left( \frac{\Pi_{\text{удовл.}} - 1}{9} \right)^{\alpha - 1} \quad (34)$$

Количество потерянных покупателей (повторных покупок):

$$\Delta_{\text{пок.}} = \frac{\Delta_{\text{лоял.}}}{10 \times N} \quad (35)$$

Потери от удовлетворенности:

$$\Delta_{\text{удовл.}} = \Delta_{\text{пок.}} \times \text{Цавт.} \times \text{Крент.}, \quad (36)$$

где: *Цавт.* – цена автомобиля; *Крент.* – коэффициент рентабельности производства.

Оценка эффективности, через расчет полного изменения затрат ( $\Delta$ ):

$$\Delta = \Delta_{\text{пар.}} + \Delta_{\text{гар.}} + \Delta_{\text{удовл.}} \quad (37)$$

Представленные в работе инструменты оценки эффективности мероприятий, направленных на улучшение качества автомобилей, учитывают все необходимые на сегодняшний день сегменты и включают в себя показатели надежности, ремонтпригодности и удовлетворенности потребителей качеством автомобилей в эксплуатации.

Использование разработанных инструментов обеспечивает возможность для своевременного оперативного анализа экономической эффективности и конкурентоспособности внедряемых улучшений. Интеграция инструментов в рамках единого комплекса создает предпосылки для наиболее полной реализации соответствующих задач на всех этапах жизненного цикла автомобилей. Автоматизация разработанного комплекса в единой информационной среде является следующей задачей, имеющей высокий приоритет значимости в условиях развития аналитических инструментов управления качеством в современном автомобилестроении.

### Литература

1. Пимкина Е.С. Многоуровневая комплексная система управления качеством электрооборудования на этапах жизненного цикла автомобиля / Е.С. Пимкина, В.Н. Козловский, Р.А. Малеев / Известия МГТУ «МАМИ». Серия 1. Наземные транспортные средства, энергетические установки и двигатели. № 1, 2013. Том 1. - С. 96-99.
2. Полякова Е.В. Моделирующая система управления как инструмент обеспечения стабильности показателей качества производства электромеханических преобразователей / Е.В. Полякова, В.Н. Козловский, Р.А. Малеев / Известия МГТУ «МАМИ». Серия 1. Наземные транспортные средства, энергетические установки и двигатели. № 1, 2013. т. 1. - С. 25-28.
3. Методика организации. «Оценка эффективности изменения конструкции и технологии изготовления автомобилей с учетом изменения цены, качества и удовлетворенности потребителей». Гольятти, 2005. – С. 18-20.
4. Строганов В.И. Инновационные методы исследования качества и надежности электромобилей и автомобилей с гибридной силовой установкой: монография / В.И. Строганов, В.Н. Козловский. – М. «МАДИ», 2012. - С. 67-70.
5. Козловский В.Н. Аналитические исследования качества автомобилей в эксплуатации: монография / В.Н. Козловский, В.И. Строганов. Palmarium Academic Publishing, AV Akademikerverland GmbH&Co., Deutschland, 2013. - С. 85-88.
6. Козловский В.Н. Комплекс обеспечения качества системы электрооборудования автомобилей: монография / В.Н. Козловский, Д.И. Панюков. Palmarium Academic Publishing, AV Akademikerverland GmbH&Co., Deutschland, 2014. - С. 34-36.
7. Козловский В.Н. Статистическая модель производства генератора и математическая модель системы управления качеством / В.Н. Козловский // Автотракторное электрооборудование. – 2004. – С. 29-32.